

40
Math. A.
328^f₄₉

Math. A.

328 f

Woltman

Minibury

<36605882900014

<36605882900014

Bayer. Staatsbibliothek

Die Universitäts-Bibliothek zu München
besitzt ein Exemplar dieses Werkes

(Math. in 4^o N^o 1217.)

mit allen (3) dazu gehörigen Kupfertafeln.

THEORIE und GEBRAUCH
des
Hydrometrifchen Flügels
oder
eine zuverlässige Methode
die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer
zu beobachten

von
REINHARD WOLTMAN

Conducteur beim Wasserbauwesen zu Ritzebüttel; der Hamburgischen Gesellschaft zur Beförderung der Künste
und nützlichen Gewerbe Associirten, und der Hamb. mathematischen Gesellschaft ordentlichem Mitgliede.



Hamburg, 1790.
bei Benjamin Gottlob Hoffmann.

Hydrometrischen Flügels
THEORIE und GEBRAUCH

die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer
eine zuverlässige Methode

zu beobachten



REINHARDT

Gesellschaft zur Förderung der Künste
und Wissenschaften in München



Hamburg, 1790.
Bei Benjamin Gottlob Hoffmann

Der
Hamburgischen
Gesellschaft zur Beförderung der Künste
und
nützlichen Gewerbe.

nützlichen Gewerbe.

und

Gesellschaft zur Beförderung der Künste

Hamburgischen

Der

Wohl- und Hochedelgeborne,

Hochgelehrte und Wohlerfahrne,

Infonders Hochzuverehrende Herren!

Die Früchte Ihrer guten Bemühungen um die Beförderung der Künfte und Gewerbe unterhalten nicht nur die besten Hoffnungen und Ermunterungen der Hamburgischen Fabrikanten, Manufakturisten und Professionisten, sondern sie ziehen Ihnen auch den unbezweifelten allgemeinen Beifall und die Dankbarkeit aller wohlgesinnten Bürger zu, deren Gemeinnutzen Sie vorzüglich beabsichtigen. Ja, Sie erwecken nicht selten einen Reiz und ein Verlangen, bei einem so preiswürdigen Zwecke mitzuwirken, und ein Scherflein, wenn es wäre, beizutragen. In dieser Gefinnung und aus wahrer

Dank-

Dankbarkeit, daß Sie mich durch die Aufnahme zum Associirten Ihrer Gesellschaft der Ehre und des Ruhms dieser gemeinnützigen Verbindung mit theilhaftig machen wollen, wage ich es, Ew. Wohl- und Hochedelgeborenen die gegenwärtige kleine Abhandlung ehrerbietig zuzueignen, und Ihrer Begünstigung gehorsamst zu empfehlen.

In der Vorrede habe ich der vielen vergeblichen Bemühungen angesehener Männer über diesen Gegenstand zum Theil erwähnt, und es wird daraus genugsam, wie ich glaube, erhellen, daß das hier betrachtete Instrument kein Gegenstand bloß speculativischer Beschäftigung, sondern vielmehr unter manchen andern Absichten auch zur richtigen Beurtheilung und Verbesserung solcher Maschinen, die durch Wind und Wasser bewegt werden, wesentlich nothwendig sei.

Erlauben Sie hochgeneigt, meine Herren, dieserhalb ein Paar Bemerkungen hier anführen zu dürfen, die zwar nicht neu sind, aber deren leuchtende Wahrheit mir, so oft ich sie gelesen, oder erzählen hören, Vergnügen gewährt haben. — Die *hydraulischen* Maschinen, sagt man, sind es hauptsächlich, von deren möglichste Vollkommenheit und allgemeinste Anwendung der blühende Zustand aller Fabriken, Manufakturen und dazu gehörigen Gewerbe vorzüglich abhängt. Die Kräfte der Thiere und Menschen sind erschöpflich und kostbar zu unterhalten, hingegen arbeiten Wasser und Wind Tag und Nacht ohn Unterlaß und unentgeltlich. — Unter den neuern Nationen scheinen die Holländer und Engländer diese Maxime am meisten in Aus-

Ausübung gebracht zu haben: diese haben ihre lebhaften Gewässer, und zum theil das Feuer, zum Spiel der Maschinen benutzt, jene, die Holländer, deren flaches Land nur träge Flüsse unterhält, die zur Schifffahrt ungemein bequem, zum Trieb der Fabriken aber nicht geschickt sind, haben mit bewundernswürdiger Indüstrië sich zu diesem letztern Zweck des Windes bedient, und der gute Erfolg hat ihre Bemühungen gesegnet.

Dies Interesse allein, Hochgeehrte Herren, wäre ohne Zweifel zu-
reichend, Ihnen die vorzügliche Begünstigung solcher Maschinen empfehlen zu dürfen, durch welche eine vortheilhaftere Benutzung und allgemeinere Anwendung der *unentgeltlichen Naturkräfte* beabsichtigt wird; aber es ist, dünkt mich, noch ein ander zureichender Grund vorhanden, welcher die Hydraulik Ihres günstigen Augenmerks versichert. So gewis es ist, daß eine mäßige Arbeit durch gute Pflege belohnt, den Thieren und Menschen zum Glück und Vergnügen gereicht, so gewis ist es auch, daß viele unglückliche Geschöpfe aus Mangel der Nahrung unter der Last auferlegter Arbeiten ganz erliegen. Ist es aber nicht viel edler und für die menschliche Vernunft anständiger, die unempfindliche Natur für uns arbeiten zu lassen, als Menschen und Thiere unter das Joch zu zwingen! — Hamburg gereichen die großen Stiftungen, in welchen der Wohlhabende dem Dürftigen so liebeich die Hand bietet, ohne Zweifel zum unsterblichen Ruhm, —

Ob eine Maschine überhaupt vollkommen gut sei, das scheint von der Qualität und Quantität der durch sie bearbeiteten Materialien abzuhängen.

Dies

Dies letztere, die Quantität der Arbeit, die man auch *den Effect der Maschine* zu nennen pflegt, ist ein Gegenstand mathematischer Betrachtungen. Der Mathematiker, welcher über die Vollkommenheit einer hydraulischen Maschine richtig urtheilen, und ihren Effect mit dem von einer andern vergleichen will, muß die Geschwindigkeit der Ströme des Wassers, oder der Luft, welche die Maschinen treiben, in Erfahrung bringen können, und hiezu bedarf er eines hydrometrischen Werkzeuges, wie ich die Ehre habe, der Hochverehrungswürdigen Gesellschaft hier vorstellig zu machen.

In wahrer Verehrung und größter Hochachtung nehme die Freiheit mich zu nennen

Ew. Wohl- und Hochedelgebornen

ganz gehorsamsten Diener

R. WOLTMAN.

Vorrede.

Vorrede.

Ein Werkzeug, welches geschickt ist, die Geschwindigkeit der strömenden Gewässer und des Windes genau damit zu beobachten, kann hauptsächlich folgenden Nutzen haben: Es kann dazu dienen, die Theorie oder die Gesetze, wie Stoß und Geschwindigkeit flüssiger Massen von einander abhängen, zu untersuchen, und auf die Weise die ersten Grundsätze der Hydrodynamik aufzusuchen, wovon dann ferner die Hydraulik, oder die Lehre von Verbesserung richtiger Beurtheilung und Erfindung aller Maschinen, die durch Wasser und Wind getrieben werden, Vollkommenheit und Zuverlässigkeit erhält, woran es ihr bis itzt so sehr noch mangelt. In der Hydragogik, wo man bestimmte Quantitäten Wasser nach dieser oder jener Gegend zu leiten hat, und wo man gleichfalls ungewiß darüber ist, wie die Geschwindigkeit von dem Gefälle abhängt, findet dies Werkzeug nicht weniger nützliche Anwendung zum Besten des menschlichen Lebens. Die Fälle sind endlich unzählig, wo ein richtiger Strom- und Windmesser in der Strom- und Deichbaukunst, bei der Schifffahrt und bei der Wetterkunde nützlich und fast unentbehrlich ist.

Aus diesen Ursachen, denke ich, werde man sich nicht verwundern, über die mannigfaltigen Bemühungen, welche Gelehrte, Naturforscher, Mechaniker und Künstler von jeher angewandt haben, Werkzeuge der Art ausfindig zu machen. Eine kurze Erzählung einiger dieser Bemühungen, welche mir bekannt geworden sind, wird hier vermuthlich nicht am unrechten Orte stehen.

Der Windmesser findet man verschiedene Arten beim Leupold (Theatrum mach. generale Cap. XVIII.) als da sind die Leupoldschen Windwage (§. 348); das Dillingersche Windrad, oder moulin à la polonoise (§. 353); der Quadrant mit der doppelten Fahne (§. 353); der Windmühlenflügel mit der Schneckenwalze (§. 354); das Wolfische Anemometer (Elem. aerom. §. 182). Ferner haben wir einen Windmesser vom Hrn. Schober (Hamb. Mag. IX. B. 2St. worüber Herr Karstens (Lehrbegr. Pneumatik X. Abschn.) einige nähere Erörterungen und Prüfungen angestellt hat, die mir gewissermaßen zum Leitfaden gedient haben. Die Dankbarkeit erfordert es noch einer ungedruckten Beschreibung und Theorie einer Windwage vom Hrn. Hofr. Kästner zu gedenken, welche derselbe mir gütigst mitgetheilt, und die mir wegen verschiedener guten Bemerkungen bei der Ausarbeitung gegenwärtiger Abhandlung, sehr nützlich gewesen ist. Man hat noch mehrere Windmesser von ausmärtigen Gelehrten, z. B. von Polenus, Bouguer, Huetius (Kästn. Hydronamik

§. 296.) und andere, die mir nicht genugsam bekannt sind. Dahin gehöret auch die erst neuerlich herausgegebene Beschreibung eines neuen Anemometers oder Windmessers vom Dr. Pelisson in den Schriften der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Zehnten Bandes erstes Stück.

Der Strommesser sind zweierlei Arten; entweder solche, womit der Strom nur an der Oberfläche, oder solche, womit er in jeder beliebigen Tiefe unter der Oberfläche gemessen wird. Ein Strommesser der ersten Art kann jedes Stückchen Holz, oder andere Sache, die nur im Wasser nicht sinkt, abgeben, hauptsächlich gehört hieher der Schiffslog, und allenfalls das Leupold'sche Wasserrad (a. a. o. Cap. XX. §. 510 ff.) — Alle schwimmende Sachen folgen gewöhnlich dem Faden des Stroms, und man kann so wenig nahe am Ufer, als am Grunde, die Geschwindigkeit damit erforschen; auch haben die wellenförmigen Bewegungen des Wassers, der Widerstand der Luft, des Windes, &c. darauf Einfluß; endlich kann man die augenblicklichen Ergießungen des Wassers durch Brücken, Schleusen, Mühlengerinne, und dergleichen, auf solche Art nicht ermessen: weswegen man diese Methode billig verworfen, und auf Strommesser der zweiten Art Bedacht genommen hat. Mit diesen letztern haben sich vorzüglich die Italiener beschäftigt; doch findet man auch einige beim Leupold (a. a. o. Cap. XX. §. 504. ff.) Eine der ältesten hieher gehörige Methoden ist wol der hölzerne Stab des P. Cabeo, welcher an einem Ende mit Gewichten beschwert wird, damit er so tief, als man will, eintauche, und ein Theil desselben über die Oberfläche hervorrage. Der Autor hat Versuche damit angestellt, und seine Worte sind merkwürdig: "Si enim, sagt er, poneres hastam in aqua stagnanti pars
"eminens esset perpendicularis ad superficiem aquae; similiter si moveatur tota aequali velo-
"citate, fervaret semper eandem positionem. At videbis partem eminentem hastae supra
"superficiem aquae inclinari ad partem anteriorem, quod est evidens argumentum superio-
"rem partem aquae velocius fluere." (lib. I. demetor 1686.) Eine Verbesserung und Theorie dieses Stabes unter dem Namen, Hydrometrischer Ast, ist neuerlich von Bonati gegeben. (Saggio sopra una nova theoria del movimento delle acque &c. Pavia 1785.) Der Ast hat die Unvollkommenheit aller schwimmenden Werkzeuge, auch ist die Theorie desselben verwickelt und zweifelhaft. Ziemlich allgemeinen Beifall hat der Quadrant mit dem Pendel gefunden, ohne Zweifel mehr wegen der Bequemlichkeit desselben im Gebrauch als wegen seiner Zuverlässigkeit. Man hat Theorien darüber und gemachte Versuche von Zendrini, (leggie e fenomeni der Raccolta d'Autor &c. Tom. VIII.); von Lecchi (Idrostatica esaminat); von Lorgna (Ricerche intorno alla distribuzional &c.); von Michelotti (Sperimenti idraulici Tom. I.); von Elvius, von Manfredi und andern mehr (s. Kästners Hydro-
namik §. 271 ff.) Mit allen diesen Versuchen ist die Absicht, die Gesetze des strömenden Wassers zu bestimmen, nicht erreicht, ja nicht einmal bestimmend ausgemacht worden, ob
die

die Ströme von der Oberfläche gegen den Grund mit abnehmenden oder zunehmenden Geschwindigkeiten fließen, welches die Unvollkommenheit dieses Werkzeugs genugsam beweist. Mehrere Methoden und Instrumente, die Geschwindigkeit der strömenden Gewässer zu untersuchen, hat man von Castelli, Guglielmini, Grandi, Polenus, Pitot, Ximenes, und andern. Wer hierüber völlig unterrichtet zu seyn wünscht, der lese nebst der erst angeführten Abhandlung von Bonati hauptsächlich eine neulichst in Holland gedruckte Preisschrift:

Verhandeligen over de Snelheid van stromend Water, vom Herrn Brünings, General-Inspector der Flüsse in Holland und Westfriesland, &c.

Die Schrift ist von der Holländischen Gesellschaft der Wissenschaften mit der goldenen Medaille gekrönt, und der Herr Verfasser, welcher als ein sehr geschickter und erfahrener Wasserbauverständiger allgemein bekannt ist, giebt hier keine unwürdige Probe von seinen theoretischen Kenntnissen, ausgebreiteter Belesenheit und scharfsinnigen Beurtheilungen aller bisher bekannten Theorien und erfundenen Werkzeuge zur Erforschung der Gesetze strömender Gewässer. Herr Brünings giebt selbst einen Strommesser an, mit welchem er auch verschiedene Versuche angestellt hat, wovon die erstern ziemlich unregelmäßig sind. Aber das Instrument ist nach und nach verbessert; und nach den letztern Versuchen zu urtheilen, scheint es seinen Zweck vollkommen zu erfüllen. Dieserwegen, und weil Herr Brünings die Güte gehabt, mir eine Zeichnung und Beschreibung von dem verbesserten Strommesser mitzutheilen, wofür ich demselben dankbarlichst verbunden bin, halte ich es für Pflicht, auch dieses Werkzeug, welches unstreitig von allen bisher erfundenen das vollkommenste ist, unter uns bekannt zu machen: weshalb ich am Ende dieser Abhandlung die Beschreibung und einige damit angestellte Versuche und Bemerkungen darüber mittheilen will. Der jüngste aller mir bekannten Strommesser ist ein vom Herrn Fossombronii gegebenes Instrument, (Memorie idraulico storiche sopra la val de Chiana, Firenze 1789.) welches er aber selbst nicht gebraucht hat, auch vermuthlich niemand gebrauchen wird, da man es dem Werkzeug leicht ansieht, daß Theorie und Gebrauch desselben unüberwindliche Schwierigkeiten haben werden.

Alle bisher erwähnte Wind- und Strommesser kann man in zwei Arten abtheilen, als solche, die unmittelbar die Geschwindigkeit der strömenden Masse, oder solche, die nur den Druck derselben auf das Instrument angeben, aus welchem die Geschwindigkeit demnächst berechnet werden muß. Zum Unterschiede könnten die erstern Hydrotachometer, oder eigentliche Strommesser, und die letztern Hydrodynamometer, oder Stoßmesser heißen. Die letztern haben, wie es mir scheint, folgende unzertrennliche Unvollkommenheiten:

- 1) Ist die Verhältniß zwischen Stoß und Geschwindigkeit nicht allgemein bestimmt, und die gewöhnliche Rechnung kann in den meisten Fällen bezweifelt werden.

- 2) Geben diese Werkzeuge für gleiche Stöße oder Druckkräfte, auch gleiche Geschwindigkeiten; aber südliche und nördliche Winde z. B. haben bei gleichem Druck gewiß nicht gleiche Geschwindigkeiten; Thermometer, Barometer, Hygrometer, müßten hiebei wol in Rechnung gebracht werden; eben so ist es meiner Meinung nach noch problematisch, ob im strömenden Wasser ein Druck tief unter der Oberfläche eben so von der Geschwindigkeit abhänge, als ein anderer näher bei der Oberfläche; ob nicht vielleicht der Druck des öbern Wassers auf das untere, wie auch der Druck der Atmosphäre, dabei in Betracht zu ziehen sei.
- 3) Müßten diese Instrumente eben deswegen, weil sie einen beträchtlichen Druck der strömenden Masse aushalten sollen, gewöhnlich stark, festgestellt und zusammengesetzt seyn, wodurch sie unbequem und kostbar, auch wegen der Friction nicht selten unzuverlässig werden, welches der allgemeinen Einführung, Gekrauch und Nutzen eines solchen Instruments hinderlich ist.

Aus diesen Ursachen habe ich gleich Anfangs die hydrodynamischen Werkzeuge, als zu dem vorhabenden Zweck ungeschickt, verworfen, und mein Augenmerk blos auf die eigentlichen Strommesser gerichtet. Unter allen angeführten Instrumenten aber schien mir der Schober'sche Windmesser zu dieser Absicht, wenn nicht das einzige, doch wenigstens das beste zu seyn; und es ist eigentlich eine allgemeine Anwendung dieses Werkzeugs, die ich in nachstehender kleinen Abhandlung vorzustellen und zu empfehlen mich bemühet habe.

Ritzebüttel, im April, 1790.

Erster Abschnitt.

Theorie des Hydrometrifchen Flügels.

Erster Abschnitt

Theorie des hydrometrischen Fügels

§. 1.

Es sei in der ersten Figur $c d$ eine gerade unbiegsame Linie, welche *Axe* heisst, und an derselben eine andere, $c a$, welche *Ruthe* genannt wird, unter einem rechten Winkel, $b c d$, befestiget; der Ruthe äusserstes Ende, a , sei mit einer graden undurchdringlichen und unbiegsamen Fläche, $f g$, als eigentlichem *Flügel*, verbunden, welche mit der Richtung $c d$ einen schiefen Winkel, $f b h = \alpha$, macht: so verstehe man unter dieser Einrichtung den *hydrometrischen Flügel*. Der Winkel α heisst der *Anstosswinkel*, und wenn man sich die Ebene des Flügels gegen $c d$ erweitert vorstellt; so würde sie die *Axe* in c schneiden, und mit ihr den Winkel $d c k = \alpha$ einschliessen. $f b h$ liegt nämlich in einer Ebene, und $c d k$ in einer andern, die mit jener parallel ist; auf beiden steht die Ebene des Flügels, und $c b$ senkrecht. Wenn $c d$ unbeweglich ist, die beflügelte Ruthe aber um $c d$ sich bewegen kann, so wird eine flüssige Masse, wie Wind oder Wasser, welche in der Richtung $f e$ parallel mit $c d$ sich ~~bewegen kann, so wird eine flüssige Masse, wie Wind oder Wasser, welche in der Richtung $f e$ parallel mit $c d$ sich bewegt~~, auf den Flügel stoßen, und dieser wird dem Fluido ausweichen, und im Kreise um $c d$ sich bewegen. Ein Vortrag, welcher beweiset, wie die Geschwindigkeiten der flüssigen Masse und des Flügels von einander abhängen, heisst die *Theorie* des hydrometrischen Flügels.

§. 2.

Anmerkung. Die Construction des Flügels wird, wie sich von selbst versteht, in der Theorie als mathematisch und immateriell betrachtet: d. h. *Axe*, *Ruthe* und *Fläche*, werden als geometrische Linien und Ebenen angesehen. Bei der Ausübung kann man hierin die Theorie zwar nicht erreichen, aber es genügt, auch nur zu wissen, wie viel man für die Unvollkommenheit des Werkzeugs jedesmal in Rechnung zu bringen habe: und davon wird der zweite Abschnitt dieser Abhandlung Unterricht geben.

§. 3.

Wenn r den Halbmesser, und p die halbe Peripherie eines Kreises bedeuten, so weis man aus der Geometrie, daß $r:p = 1:3,14159\dots$, folglich $r = p:3,14159\dots = \frac{\text{arc. } 180^\circ}{3,14159\dots} = \text{arc. } 57,2957\dots \text{ Grade}$. Dieser Winkel, dessen Bogen dem Halbmesser gleich ist, heisse in der Folge β .

§. 4.

§. 4.

Es sei (Fig. 2.) $a c$ eine grade Linie, die um c gleichförmig bewegt wird. In der Zeit t , beschreibe a den Winkel $a c d = n. \beta$ (§. 3.) (wo n eine ganze Zahl oder Bruch bedeuten kann.) Wenn nun t in Zeitsekunden ausgedrückt ist, so wird $\frac{n. \beta}{t}$ eine Zahl, welche anzeigt, wie vielmal der Winkel β in einer Sekunde beschrieben werde. Wenn man diesen Ausdruck die *Winkelgeschwindigkeit* nennen, und $= \gamma$ setzen will, so haben alle Punkte der Linie $c a$ einerlei Winkelgeschwindigkeit. Denn für jeden andern Punkt, b , hat man $e b^\circ = a d^\circ = \frac{n. \beta}{t} = \gamma$.

§. 5.

Aus der Winkelgeschwindigkeit wird die wahre Geschwindigkeit, oder der in einer Zeitsekunde beschriebenen Bogen eines Punkts b gefunden, wenn man jene mit dem Halbmesser $c b$ multiplicirt. Denn es sei $e b$ der in einer Sekunde beschriebenen Bogen, so ist $\frac{e b}{\beta} = \gamma$; aber $\text{arc. } \beta = b c$ (§. 3.); folglich auch $\frac{\text{arc. } e b}{b c} = \gamma$, oder $\text{arc. } e b = \gamma. b c =$ den in einer Sekunde beschriebenen Bogen. Umgekehrt findet man die Winkelgeschwindigkeit aus der Wahren, wenn diese mit dem Halbmesser dividirt wird.

§. 6.

In der 3ten Figur ist fg ein Element des Flügels; $a b$ nämlich sei unendlich klein, hingegen $a f$, oder $a g$ von unbestimmter Grösse; $f a c = 90^\circ$ die Winkel $f a h = i a g = \alpha$ (§. 1.) liegen in der Ebene $f a i g h$, die auf der Ebene des Flügels und auf $c a$ senkrecht ist; so werden alle Punkte dieses um $c d$ sich bewegenden Elements einerlei Winkelgeschwindigkeit haben; die wahre Geschwindigkeit aber wird von den verschiedenen Entfernungen von der Bewegungsaxe $c d$ abhängen. Wenn g ein Punkt der geraden Linie $a g$ ist, dessen wahre Geschwindigkeit gesucht wird, so ziehe man $g l$ perpendiculair auf cd , $g k$ perpendiculair auf $a i$, und endlich $k l$; so hat man das rechtwinklichte Dreieck $g k l$, in welchen $g l$ die Hypothenuse, und der Halbmesser des Kreises ist worin g umläuft. Weil $a i$ parallel mit $c d$; so ist $k l = a c$, und $g k = a g. \sin \alpha$. Wenn nun $c a = x$ und $a g = y$ gegeben sind, so findet man $g l = \sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}$. Ist überdem die Winkelgeschwindigkeit bekannt, so hat man die wahre Geschwindigkeit des Punkts $g = \gamma. (\sqrt{x^2 + y^2 \sin^2 \alpha})$. und weil $m a c = 90^\circ$, so ist für jeden andern Punkt $m, n p = a c = x$; $a m = y$; und $m p = \sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}$. Für $\alpha = 0$ haben alle Punkte des Elements

Elements gleiche Entfernung $= x$. Für $\alpha = 90^\circ$ ist die Verschiedenheit der Entfernungen am größten.

§. 7.

Es ließe sich auch die Construction so machen, daß bey jedem Winkel α die Entfernungen aller Punkte gleich wären; in diesem Fall könnte fg keine gerade, sondern müßte eine gekrümmte Fläche seyn. Es sey $qars$ ein Bogen des Kreises worin α umläuft, so ist $g a s = 90^\circ - \alpha$, wird nun das Element des Flügels $a g$ so gebogen, daß bey unveränderter Entfernung $= gl$ und unverändertem Winkel $= \alpha$, allemal $ar : rt = as : sg = \text{Cof. } (90^\circ - \alpha) : \text{Sin } (90^\circ - \alpha) = \text{Sin } \alpha : \text{Cof. } \alpha$; so werden alle Punkte der Linie ag und sg in einer Cylinderfläche liegen, und gleiche wahre Geschwindigkeit haben; das Element wird aber einen Schraubengang oder Schnecke formiren.

§. 8.

Anmerk. Weil der hydrometrische Flügel der genauen und bequemen Verfertigung und Gebrauchs wegen eine gerade Fläche seyn muß, so ist es unnöthig, diese Betrachtung über die gekrümmte Fläche hier weiter fortzusetzen.

§. 9.

Eine Ebene, fg (Fig. 4.) die auch hier ein Flügel heißen mag, ist im Strome einer flüssigen Masse unter einem schiefen Winkel gegen die Richtung des Stroms geneigt; alle Theilchen der Masse fließen mit unveränderter Geschwindigkeit unter sich parallel, wie eb , ef , und machen mit dem Flügel den Anstosswinkel $ebf = g a k = \alpha$; der Flügel weicht nach der Richtung gk , perpendicular auf die Richtung des Stroms, man fragt nach der Verhältniß beyder Geschwindigkeiten, des Flügels und des Stroms in dem Falle, wo keiner von der andern gehindert oder beschleuniget wird.

Wenn C die Geschwindigkeit des Stroms bedeutet, und ein Theilchen, welches man hier als einen materiellen Punkt ansehen kann, in der Richtung ef fließet, und jetzt in a ist, so braucht es eine bestimmte Zeit, den Raum ak zurück zu legen: diese Zeit sei $= t$, so ist $t = \frac{ak}{C}$. Wenn nun der materielle Punkt in a nahe über dem Flügel ist, und denselben nicht treffen soll, so muß dieser in eben der Zeit t wenigstens um den Raum gk fortgehen; oder wenn v seine Geschwindigkeit bedeutet, so muß $\frac{gk}{v}$ die Zeit, welche der Flügel gebraucht, den Weg gk zurück zu legen, wenigstens nicht größer als t sein, widrigenfalls würde der Flügel den Strom aufhalten und einen Druck leiden. Sie muß aber auch nicht kleiner seyn, sonst würde der Flügel den Strom beschleunigen: denn man setze, daß g , ein Punkt des Flügels, eher in fk käme, als ein Punkt a der flüssigen Masse unterhalb dem Flügel

B den

den Weg $a k$ zurücklegt, so wird der Flügel denselben Punkt treffen, und ihn nach einer von $a k$ verschiedenen Richtung fortstoßen und beschleunigen. Diefemnach muß $\frac{a k}{c} = \frac{g k}{v}$ feyn, wenn Flügel und Strom einander nicht stoßen oder hindern sollen. Weil $a k : g k = \text{Cof. } \alpha : \text{Sin } \alpha$, so hat man $\text{Cof. } \alpha : c = \text{Sin } \alpha : v$; also $v = c \frac{\text{Sin } \alpha}{\text{Cof. } \alpha} = c \text{ tang } \alpha$. Wäre eines andern Flügel Geschwindigkeit $= u$, sein Anstosswinkel $= y$; so hätte man $v : \text{tang } \alpha = u : \text{tang } y$.

§. 10.

Außer v kann der erwähnte Flügel noch jede andere Geschwindigkeit haben, deren Richtung in der Ebene des Flügels selbst liegt, und die deswegen auf den Strom keinen Einfluß hat. In solchem Falle sind aber beyde Geschwindigkeiten relativ, und es giebt eine dritte wahre Richtung und Geschwindigkeit, die zwischen jenen liegt. Es sei $g i$ die wahre Richtung des Flügels, welche hier in der Ebene $a g k$ angenommen wird, und dieselbe sei bekannt, oder $h g i = y$ gegeben, so kann man die Geschwindigkeit nach $g k$, perpendicular auf die Richtung des Stroms daraus finden. Man formire nämlich das Parallelogram $g h i k$, so weiß man aus der Mechanik, daß die wahre Geschwindigkeiten nach $g i$, und die Seitengeschwindigkeiten nach $g h$ und $g k$ sich wie diese Linien selbst verhalten. Im Dreieck $g i k$ hat man $\text{Sin } g k i : g i = \text{Sin } g i k : g k$. Es ist aber $g k i = 180^\circ - h g k$; also $\text{Sin } g k i = \text{Sin } h g k = \text{Cof. } \alpha$; und $g i k = y$. Folglich $\text{Cof. } \alpha : g i = \text{Sin } y : g k$; also $g k = g i \cdot \frac{\text{Sin } y}{\text{Cof. } \alpha}$. Setzt man demnach die wahre Geschwindigkeit nach $g i = u$, so ist die relative Geschwindigkeit nach $g k = u \cdot \frac{\text{Sin } y}{\text{Cof. } \alpha}$; und es wird erfordert, daß $u \cdot \frac{\text{Sin } y}{\text{Cof. } \alpha} = c \cdot \frac{\text{Sin } \alpha}{\text{Cof. } \alpha} = v$ (§. 9.) sei, wenn Flügel und Strom einander nicht widerstehen sollen. Hieraus erhellet, daß u sehr groß seyn könne, wenn zugleich y sehr klein ist, ohne daß dieserwegen die Bewegung des Flügels eine Hinderniß vom Strom leide oder verursache; und

Daß ferner die wahre Geschwindigkeit verschiedener Punkte des Flügels allenfalls sehr verschieden seyn könne, ohne daß dadurch ein Druck oder Widerstand im Strom entstehe, wenn nur die relative Geschwindigkeit nach $g k$ für alle Punkte des Flügels einerlei ist. Wäre auch umgekehrt die Richtung des Stroms veränderlich, und der veränderliche Anstosswinkel $m n f = y$; so ist die senkrechte Geschwindigkeit $c \cdot \text{Sin } y$; und wenn in diesem Fall der Flügel nach $g k$ unter dem beständigen Neigungswinkel $90^\circ - \alpha$ mit der Geschwindigkeit v fortgeht, so ist $c \cdot \text{Sin } y = v \text{ Cof. } \alpha$ oder $c \cdot \frac{\text{Sin } y}{\text{Cof. } \alpha} = v$.

§. 11.

Obwol alle verschiedene Punkte des um $c d$ sich drehenden Flügelements, $f a$ (Fig. 3.) verschiedene wahre Geschwindigkeit haben, (§. 6.) so ist doch diejenige relative Geschwindigkeit

digkeit, mit welcher sie einem mit $c d$ parallelen Strom rechtwinklicht, das ist, nach einer Richtung, die mit der Ebene des Flügels den Winkel $90^\circ - \alpha$ einschließt, ausweichen, für alle Punkte jeder geraden Linie $a f$ einerlei.

Um sich hievon zu überzeugen, erinnere man sich, daß die Ebene $m n a$ auf der Ebene des Elements, $f g$, senkrecht, und die wahre Geschwindigkeit eines Punkts $m = \gamma \sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}$ ist (§. 6.) Ferner ist die Ebene $m n p$ parallel mit der Ebene des Kreises $q a s$, worin $a c$ umläuft. Man ziehe dieses Kreises Tangente $a v$, so ist dies die Richtung, worin a mit der Geschwindigkeit $= \gamma x$ (weil y für diesen Punkt $= 0$) fortgeht; mit welcher nämlichen Geschwindigkeit er auch den Strom rechtwinklicht ausweicht, weil $f a v = 90^\circ - \alpha$ ist. Man verlängere $n m$ nach u , so ist $n u$ parallel mit $a v$, weil sie beide in den parallelen Ebenen $m n p$ und $q a s c$, und in einer auf dieser senkrechten Ebene $m n a$ sind; folglich $f m u = 90^\circ - \alpha = a m n$, welches der Neigungswinkel der Ebene des Flügels gegen der Ebene $m n p$ ist. Diese letztere schneidet jene in einer geraden Linie $m w$ parallel mit $a c$. Folglich $w n n = w m u = 90^\circ$; $m w$ liegt nämlich in der Ebene des Flügels und auch in $m n p$, weil sie beider Durchschnitt ist. Auf $p m$ sei $m z$ senkrecht, so ist $m z$ die wahre Richtung, worin m mit der Geschwindigkeit $p m \cdot \gamma$ sich bewegt; und weil $z m p = w m n$, so ist, von beiden der Winkel $w m p$ abgezogen, $z m w = p m n$. Dieser Winkel sei ϑ , so ist $\sin \vartheta = \frac{p m}{p n} = \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}}$.

Man zerlege nun die wahre Geschwindigkeit des Punkts m in der Richtung $m z$ in zwey andere nach $m w$, die in des Flügels Ebene selbst liegt, und nach $m u$, welche mit dem Flügel $90^\circ - \alpha$ macht; so ist jene $p m \cdot \gamma \cdot \cos \vartheta$, und diese $p m \cdot \gamma \cdot \sin \vartheta$. (Man sehe zu meherer Deutlichkeit die 5te Figur, wo die Ebene $u n p w$ so verzeichnet ist, wie sie auf der Ebene des Papiers aussehen würde, auch alle Buchstaben die nämlichen Linien, und $m z$ die wahre $z u$, $u m$ die relativen Geschwindigkeiten bedeuten). Es war aber $p m = \sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}$ und $\sin \vartheta = \frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2 \sin^2 \alpha)}}$; also wird die Geschwindigkeit nach $m u = \gamma \cdot x$. und weil x für alle Punkte derselben Linie $a f$ unveränderlich ist, so ist auch die Geschwindigkeit für alle Punkte einerlei. Weil auch für das ganze Element $f g$ der Werth von x sehr nahe derselbe bleibt, wie groß auch $a f$ oder $a g$ genommen wird, so gilt die Geschwindigkeit nach $a v = x \gamma$ nahe genug für das ganze Element, wobei es endlich auch

gleichgültig ist, ob $a f = a g$, oder grösser oder kleiner, oder auch eines von den beiden Enden des Flügels gar nicht vorhanden sei.

§. 12.

Es sei $a c : a b = \infty$ oder $a b$ in Verhältniss mit $a c$ unendlich klein, wie bisher immer vorausgesetzt worden, und der Flügel wird einer fließenden Masse so gehalten, dass $c d$ in der Richtung des Stroms liegt, man soll die Verhältniss der Geschwindigkeit des Stroms nach $c d$, und des Flügels nach $a v$ bestimmen.

Weil dem Flügel nach der Richtung $a v$ nichts widersteht, so wird er auch dem Strom nicht widerstehen, sondern nach dieser Richtung mit der Geschwindigkeit $x \gamma$ (II) $= a c. \gamma$ ausweichen. Man hat also aus §. 9. die gesuchte Verhältniss $\frac{c \text{ tang } \alpha}{a c. \gamma} = 1$. Wenn man nun beobachten kann, wie vielmal der Flügel sich in einer bestimmten Zeit um die Axe $c d$ bewegt, so weiss man γ ; (denn es sei in der Zeit $= t$, die Zahl der Umläufe $= n$, so ist $\frac{360^\circ \cdot n}{57,29 \dots t} = \gamma$. (§. 4) und die Geschwindigkeit des Stroms $= C = \frac{a c. \gamma}{\text{tang } \alpha} = a c. \gamma. \text{Cotang } \alpha$, wird daraus leicht berechnet. Für irgend einen andern Flügel, dessen Neigung gleichfalls $= \alpha$, die Entfernung von der Axe aber $= A C$ die Winkelgeschwindigkeit $= G$, hat man $c = A C. G. \text{Cot. } \alpha$; $a c. \gamma = A C. G$, folglich $a c : A C = G : \gamma$, oder die Winkelgeschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Entfernungen von der Axe. Sind die Anstosswinkel verschieden, die Winkelgeschwindigkeiten aber gleich, so hat man $C = \frac{a c. \gamma}{\text{tang. } \alpha} = \frac{A C. \gamma}{\text{tang. } y}$, folglich $a c : \text{tang. } \alpha = A C : \text{tang. } y$, oder die Tangenten verhalten sich wie die Entfernungen von der Axe. Dies Werkzeug wäre also geschickt, die Geschwindigkeit strömender flüssiger Massen zu erforschen, nur kann man der erwähnten Bedingung, dass $c a$ unendlich gross, oder auch $a b$ unendlich klein seyn muss, in der Ausübung kein Genüge leisten, daher muss noch untersucht werden, wie die Bewegung des Flügels bei jeder gegebenen Verhältniss $a c : a b$ erfolge.

§. 13.

Es habe in der 6ten Figur alles die bisherige Bedeutung, nur der Flügel $f g$ habe eine bestimmte Höhe $A B$, und es sei $c A = a$; $c B = b$. Man stelle sich zuerst vor, dass der Flügel in Elemente wie $m g$, $f h$ getheilt, und die Entfernung jeden Elements von C auf der Ruthe

Ruthe A C gemessen $= x$ sei, dessen Werth also veränderlich ist. Wenn nun der Flügel dem Strom, wie vorhin ausgesetzt ist, so müsste das Element mit der Geschwindigkeit $c \tan \alpha = x \cdot \gamma$ (§. 12.) dem Strom ausweichen, wenn kein Widerstand entstehen soll, aber x hat für jedes Element einen andern Werth, folglich muss auch γ oder α einen veränderlichen Werth haben, wenn der Bedingung ein Genüge geschehen soll. Weil aber f g eine feste Fläche ist, so ist γ für alle Elemente gleich, folglich müsste der Anstosswinkel für jedes Element geändert werden, z. B. für die Elemente f h, m g, ist $x = a$ und b . Wäre nun das Element f h unter einem andern Anstosswinkel $k A h = y$ geneigt, dergestalt, dass $a \cdot \gamma : b \cdot \gamma = c \tan y : c \tan \alpha = a : \tan y = b : \tan \alpha$; so würden beide Elemente ohne alle Hinderniss im Strom frei umlaufen. (§§. 9. 12.) Es erhellet hieraus, dass, wenn man den Flügel in kleine Elemente ganz zertheilt sich vorstellt, jedes derselben einen verschiedenen Anstosswinkel haben, und die Tangenten dieser Winkel sich wie die Entfernungen von C verhalten müssen, wenn der Flügel im Strom ohne Druck und Widerstand umlaufen soll. Das gäbe aber wiederum einen gebogenen Flügel, der hier nicht weiter in Betrachtung kommt. (§. 7.) sondern f g bleibe nach wie vor eine unbiegsame und rectangulaire Ebene, und ihr Anstosswinkel $= \alpha$; so wird des Elements m g Geschwindigkeit $b \cdot \gamma < c \tan \alpha$, und für f h wird $a \cdot \gamma > c \tan \alpha$; zwischen diesen beiden muss es also nothwendig ein Element, r s in der Entfernung c p geben, dessen Geschwindigkeit $= c p \cdot \gamma$, weder grösser noch kleiner, folglich $= c \tan \alpha$ ist. m g wird, weil es dem Strom nicht mit genugfamer Geschwindigkeit ausweicht, einen Druck an der Stromseite und f h, wegen zu geschwinder Bewegung, einen Widerstand an der entgegengesetzten Seite leiden, das Element r s aber wird an keiner Seite Druck empfinden, sondern so umlaufen, als wenn es vollkommen frei wäre. Der ganze Flügel f g mit der Ruthe c A kann also weder langsamer noch geschwinder sich bewegen, als das Element r s mit der Ruthe c p thun würde, wenn es ganz alleine wäre. Wäre demnach der Ort des Elements r s, oder des Punkts p, oder der Werth von x für c p, welcher künftig $= z$ gesetzt wird, bekannt, so wäre auch dieser Flügel geschickt, die Geschwindigkeit der strömenden Masse zu erforschen, indem man ihn so ansehen könnte, als bestünde er blos aus dem Flächenelement r s an einer Ruthe $= Z$ befestiget. (§. 12.) Es kommt also darauf an, den Werth von Z zu bestimmen.

§. 14.

Der Flügel wird im Strom eine solche Geschwindigkeit annehmen müssen, bei welcher Druck und Gegendruck einander gleich sind, das heisst, der Axe näher liegende Theil des Flügels wird von dem Strome nicht weniger oder mehr gedruckt werden, als der Widerstand gross ist, den der äussere Theil vom Strom leidet. Der Druck wird zwar eigentlich durch die Geschwindigkeit des Stroms, und der Widerstand durch Geschwindigkeit des Flügels verursacht:

verursacht: weil aber der Erfolg einerlei ist, ob eine Fläche mit bestimmter Geschwindigkeit gegen ein Fluidum oder dies letztere mit derselben Geschwindigkeit gegen die Fläche strömt, so nehme man die letztere Vorstellung an, daß nämlich beides, Druck und Widerstand, durch zwei Ströme verursacht werden, wovon des erstern Richtung mit der Axe des letztern mit der Tangente des Bogens parallel ist, worin der Flügel jeden Augenblick umläuft. Und weil des erstern Anstosswinkel $= \alpha$, und seine Geschwindigkeit $= c$, so ist des letztern Anstosswinkel $= 90^\circ - \alpha$, und seine Geschwindigkeit $x \gamma$. Man zerlege diese Geschwindigkeiten eine jede in zwei andere, wovon die eine auf dem Flügel senkrecht, die andere mit ihm parallel ist, so sind es bloß die Erstern, welche Druck und Widerstand verursachen, namentlich $c \sin \alpha$, und $x \gamma \sin 90^\circ - \alpha = x \gamma \cos \alpha$. Und dem Quadrat des Unterschiedes dieser beiden relativen Geschwindigkeiten $= (c \sin \alpha - x \gamma \cos \alpha)^2$ ist, wie man gewöhnlich annimmt, der Druck proportional. So lange $c \sin \alpha > x \gamma \cos \alpha$, ist der Unterschied positiv, und das ist der Fall für des Flügels untern Theil r g; ist aber $x \gamma \cos \alpha > c \sin \alpha$, so wird der erwähnte Ausdruck negativ, und der Druck entsteht auf der entgegengesetzten Seite, auf den obern Theil des Flügels f s. Der wirkliche senkrechte Druck (impulsus) auf ein Element des Flügels in seine Entfernung von der Axe multiplicirt, ist das *Moment* des Drucks, und wenn die Summe aller Momente auf der einen Seite der Summe aller perpendicular entgegengesetzten gleich ist, so ist Druck und Gegendruck gleich, und der Flügel hat eine Geschwindigkeit $= z \gamma$, bei welcher das zwischen den sich entgegen drückenden Kräften liegende Element r s völlig frei ist. Es giebt nun, wie es scheint, zwei Wege, Z zu finden: I. man berechne die Momente des Drucks auf r g, und die entgegengesetzten auf f s, jede besonders (in beidem wird Z als die Grenze des Werths von x für jeden Fall vorkommen); subtrahire eines von den andern, setze den Rest $= 0$, und suche daraus Z. In diesem Fall muß man zwei Rechnungen, die sich ganz ähnlich sind, durchgehen. II. Man kann sich auch vorstellen, es komme der gesammte senkrechte Druck auf dem Flügel bloß von der Seite des Stroms her, alsdann wird ein Theil des Drucks negativ, welcher dem positiven im vorliegenden Fall völlig gleich seyn muß. Man kann also den gesammten Druck für den ganzen Flügel auf einmal berechnen, und vermuthen, daß die Rechnung durch die Zeichen + und - jeden Theil angeben werde. In diesem Fall muß das Resultat des gesammten Drucks $= 0$ gesetzt, und daraus Z gesucht werden. Ob wol Z nicht unmittelbar in dieser Rechnung vorkommen wird, so kann es doch leicht hineingebracht werden, indem man für $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$ diesen letztern Ausdruck substituirt, da alsdann die Gleichung in bekannten Größen bestehen wird, woraus Z zu suchen ist. Die Winkelgeschwindigkeit $= \gamma$ wird als ein bequemer Ausdruck in den Folgenden Rechnungen zwar beibehalten, sonst ist eigentlich dieser Begriff nicht wesentlich nothwendig. Man setze z. B. die Geschwindigkeit des äußersten Punkts der Ruthe $= u$, so ist für jeden in der

Handwritten notes:
 1. $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$
 2. $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$
 3. $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$
 4. $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$
 5. $\gamma = \frac{C \tan \alpha}{z}$

der Ruthe liegenden Punkt des Flügels die Geschwindigkeit $= \frac{x u}{a}$; und die senkrechte Geschwindigkeit des widerstehenden Stroms, oder eigentlich die Geschwindigkeit, womit der umlaufende Flügel gegen die flüssige Masse senkrecht stößt, ist dann $= \frac{x u}{a} \cos \alpha$; was bisher v war, ist $= \frac{u}{a}$. Und da in solchem Fall v als eine unbekannte Grösse in der Gleichung vorkäme, aber $\frac{Z u}{a} = c \tan \alpha$ seyn muss, so dürfte man nur für u den Werth $\frac{a \cdot c \tan \alpha}{Z}$ in der gefundenen Gleichung setzen, und daraus Z suchen. Weil endlich hier nicht der absolute Druck, sondern nur der Werth von Z gesucht werden soll, so kann man sich die Rechnung dadurch noch erleichtern, dass alle dem positiven und negativen Druck gemeinschaftliche Grössen, z. B. die Schwere der Luft, die Breite und Neigung des Flügels aus der Rechnung gelassen, oder fortgeschafft werden.

§. 15.

Unter den vorausgesetzten Bedingungen (§. 14.) Z zu finden. Wenn des Flügels Breite $= e$, so ist $e dx$ ein Element, worauf der senkrechte Druck $= e dx (C \sin \alpha - v x \cos \alpha)^2$ gesetzt werden kann, wenn die Schwere der Luft nicht in Betracht gezogen wird. Dies mit $x v$ als die Geschwindigkeit des Elements multiplicirt, giebt das Moment des Drucks $= e v x dx (C \sin \alpha - v x \cos \alpha)^2 = e v x dx (C \tan \alpha - v x)^2 \cos \alpha^2 = e v x dx \cos \alpha^2 (C^2 \tan^2 \alpha - 2 C v x \tan \alpha + v^2 x^2)$. Integriert man diesen Ausdruck, so findet man $\int e v x dx \cos \alpha^2 (C^2 \tan^2 \alpha - 2 C v x \tan \alpha + v^2 x^2) = e v \cos \alpha^2 \left(\frac{1}{2} C^2 x^2 \tan^2 \alpha - \frac{2}{3} C v x^3 \tan \alpha + \frac{1}{4} v^2 x^4 \right) + C$, als das Moment des gesammten Drucks für jeden unbestimmten Theil des Flügels. Dies Moment muss verschwinden, wenn $x = b$ wird, folglich wird $C = -e v \cos \alpha^2 \left(\frac{1}{2} C^2 b^2 \tan^2 \alpha - \frac{2}{3} C v b^3 \tan \alpha + \frac{1}{4} v^2 b^4 \right)$. Setzt man demnach in vorigen Ausdruck die Potenzen von b negativ, und nimmt $x = a$, so hat man das Moment des Drucks auf den ganzen Flügel $= e v \cos \alpha^2 \left(\frac{1}{2} C^2 \tan^2 \alpha (a^2 - b^2) - \frac{2}{3} C v \tan \alpha (a^3 - b^3) + \frac{1}{4} v^2 (a^4 - b^4) \right)$ welches gleich 0 und mit dem gemeinschaftlichen Factor aller positiven und negativen Grössen, $e v \cos \alpha^2$, zu dividiren ist, (§. 14.); so hat man $\frac{1}{2} C^2 \tan^2 \alpha (a^2 - b^2) - \frac{2}{3} C v \tan \alpha (a^3 - b^3) + \frac{1}{4} v^2 (a^4 - b^4) = 0$. In diesem Ausdruck ist v eine unbekannte Grösse, statt welcher man den Werth $v = \frac{c \tan \alpha}{Z}$ substituirt, und mit $C^2 \tan^2 \alpha$ dividirt, so bekommt man $\frac{1}{2} (a^2 - b^2) - \frac{2}{3} \frac{(a^3 - b^3)}{Z} + \frac{1}{4} \frac{(a^4 - b^4)}{Z^2} = 0$. Dieser Ausdruck heisse die Fundamentalgleichung. Man multiplicire mit

mit Z^2 , und dividire mit $\frac{1}{2}(a^2 - b^2)$ so hat man $Z^2 = \frac{\frac{4}{3}(a^3 - b^3)Z}{a^2 - b^2} = \frac{\frac{1}{2}(a^4 - b^4)}{(a^2 - b^2)}$

woraus $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right) \pm \sqrt{\left(\frac{\frac{4}{3}a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{a^4 - b^4}{a^2 - b^2} \right)}$ gefunden wird.

Für $b = 0$, ist $Z = \frac{2}{3} a \pm \sqrt{\left(\frac{4}{3} - \frac{1}{2} \right) a^2}$; aber $\sqrt{-\frac{1}{6} a^2}$ ist unmöglich. Auch für jeden andern bestimmten Werth von b ist $\frac{1}{2} \left(\frac{a^4 - b^4}{a^2 - b^2} \right) > \frac{4}{9} \left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right)^2$; folglich kann

Z auf diesem Wege nicht gefunden werden. Da aber Z doch gewiss einen möglichen Werth haben muß, so scheint es, daß unter den angenommenen Bedingungen (§. 14.) einiger Irrthum seyn müsse. Am meisten zweifelhaft ist wol die Voraussetzung, daß der Stoß dem Quadrat der relativen Geschwindigkeit $(c \sin \alpha - x \gamma \cos \alpha)^2$ proportional sey. Wollte man einmal versuchen, was die Rechnung gäbe, wenn nach der simplen Geschwindigkeit $c \sin \alpha - \gamma x \cos \alpha$ gerechnet wird; so hat man das mechanische Moment des Drucks auf jedes Element $= e \gamma x dx (c \sin \alpha - \gamma x \cos \alpha) = e \gamma \cos \alpha (c x dx \tan \alpha - \gamma x^2 dx)$. Das Integrale $\int x dx = \frac{1}{2} (a^2 - b^2) \int x^2 dx = \frac{1}{3} (a^3 - b^3)$; folglich das Moment für den ganzen Flügel $= e \gamma \cos \alpha \left(\frac{1}{2} c (a^2 - b^2) \tan \alpha - \frac{1}{3} \gamma (a^3 - b^3) \right) = e \gamma \cos \alpha \left(\frac{1}{2} (a^2 - b^2) \alpha \tan \alpha - \frac{a^3 - b^3}{3} \right)$. Man setze dies $= 0$, so findet man $\frac{1}{2} (a^2 - b^2) Z = a^3 - b^3$; folglich $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right)$. Das ist nun zwar ein bestimmter Werth, der aber

doch in der That sonderbar genug ausfieht. Denn man setze $b = a$, welches der Fall ist, wo der Flügel in ein unendlich kleines Element übergeht, oder verschwindet, so muß alsdann auch $Z = a$ seyn, weil $Z < a$ und $Z > b$, folglich zwischen a und b seyn muß. Aber aus der vorliegenden Formel findet man in diesem Falle $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{a^3 - a^3}{a^2 - a^2} \right) = \frac{2}{3} \cdot \frac{0}{0}$, ein un-

verständlicher Ausdruck, der allerlei bedeuten kann, und für den ersten Anblick erkennen zu geben scheint, daß auch diese letztere Rechnung kein bestimmtes Resultat gebe. Wer

aber etwas in der Algebra geübt ist, sieht es dem Ausdruck $\left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right)$ leicht an, daß er

sich werde im Zähler und Nenner mit $a - b$ dividiren lassen; und das giebt alsdann $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{a^2 + ab + b^2}{a + b} \right)$ und wenn man $b = a$ setzt, so findet man $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{2a^2 + a^2}{2a} \right)$

$= \frac{6a^2}{6a} = a$, wie es der Sache der Natur gemäß ist. Dies führt auf die Vermuthung, ob

nicht auch vielleicht in der erstern Rechnung für Z ein möglicher Werth hervorgehe, wenn die Ausdrücke in eine andere gleichgeltende Form gebracht werde. Es war $Z = \frac{2}{3} \left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \right)$

$\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2} \pm \sqrt{\left(\frac{4}{9} \left(\frac{a^3 - b^3}{a^2 - b^2}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{a^4 - b^4}{a^2 - b^2}\right)}\right)$. Man dividire alles im Zähler und Nen-

ner mit $a - b$, so hat $Z = \frac{2}{3} \cdot \frac{a^2 + ab + b^2}{a + b} \pm \sqrt{\frac{4}{9} \left(\frac{a^2 + ab + b^2}{a + b}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{a^3 + a^2b + ab^2 + b^3}{a + b}\right)}$.

Und für $b = a$ ist $Z = \frac{2}{3} \cdot \frac{3a^2}{2a} \pm \sqrt{\left(\frac{4}{9} \cdot \frac{9a^4}{4a^2} - \frac{1}{2} \cdot \frac{4a^3}{2a}\right)}$

$= a \pm \sqrt{0}$. Wo ferne nun $\sqrt{0} = 0$ ist, so ist a als der wirkliche Wehrt von Z im diesem Fall richtig gefunden, in jedem andern Fall, wo $b < a$, bleibt gleichwol ein Theil des Wehrtes von Z unmöglich. Was es nun auch hiemit für eine Bewandnis haben mag, so ergiebt sich, dünkt mich, daraus, daß die Algebra oft den Gebrauch der Zeichen $+$ und $-$ als gleichgeltend erlaube, wo die Natur der Sache gleichwol nur eins von beiden zuläßt; und im Gegentheil die Natur der Sache oft beides erlaubt, wo der Rechnung nach nur eins möglich ist. So z. B. ist $c \sin \alpha - \gamma \times \cos \alpha$ für des Flügels obern Theil negativ; der Sache gemäß müßte also $(c \sin - \gamma \times \cos)^2$ für den obern Theil negativ für den untern positiv sein, aber die Rechnung giebt beides positiv. Darauf mus nun, wie man leicht erachtet, bei der Integration Rücksicht genommen, und wenn für den untern Theil des Flügels das Integral $+$ so muß es für den obern $-$ gesetzt werden, wenn das gesammte Moment des Drucks wirklich $= 0$ und daraus Z richtig gefunden werden soll.

§. 16.

Weil das Element r s den Flügel in zwei Theile theilet, so sehe man jeden Theil als den Ganzen an, und ändere darnach die für Z genannte Fundamentalgleichung $\frac{1}{2} (a^2 - b^2) = \frac{2}{3} \left(\frac{a^3 - b^3}{z}\right) + \frac{1}{4} \left(\frac{a^4 - b^4}{z^2}\right)$ welche bisher $= 0$ gesetzt aber wirklich nicht Null ist, gehörig ab, wie es das Integral jeden Theils erfordert, so muß 1) für den obern Theil des Flügels z statt b ; und 2) für den untern z statt a in die Gleichung kommen, das giebt

$$\text{zum 1}^{\text{ten}} \frac{1}{2} (a^2 - z^2) = \frac{2}{3} \cdot \frac{a^3 - z^3}{z} + \frac{1}{4} \cdot \frac{a^4 - z^4}{z^2}.$$

$$\text{zum 2}^{\text{ten}} \frac{1}{2} (z^2 - b^2) = \frac{2}{3} \cdot \frac{z^3 - b^3}{z} + \frac{1}{4} \cdot \frac{z^4 - b^4}{z^2}.$$

C

Einer

Einer von diesen Ausdrücken muß nun negativ genommen oder von dem andern subtrahirt, und der Rest $= 0$ gesetzt werden: so hat man $Z^2 - \frac{1}{2}(a^2 + b^2) + \frac{\frac{2}{3}a^3 + b^3}{Z^2} - \frac{4}{3}Z^2 - \frac{1}{4}\frac{a^4 + b^4}{Z^2} + \frac{1}{2}Z^2 = \frac{1}{6}Z^4 - \frac{1}{2}(a^2 + b^2)Z^2 + \frac{2}{3}(a^3 + b^3)Z - \frac{1}{4}(a^4 + b^4) = Z^4 - 3(a^2 + b^2)Z^2 + 4(a^3 + b^3)Z - \frac{3}{4}(a^4 + b^4) = 0$. Eben diese Gleichung würde sich ergeben, wenn man nach §. 14. (I) verfahren und die Rechnung zweimal von Anfang wiederholt hätte, wovon ein jeder wer Lust hat sich leicht überzeugen kann. Diese biquadratische Gleichung hat nun 4 Wurzeln, oder Werthe für Z , von welchen vermöge der *harriotschen* Regel drei positiv und einer negativ sein müßte. Es ist aber der Sache gemäß nur ein positiver Werth für Z möglich, folglich müssen die übrigen beiden Wurzeln unmöglich sein. Ob die mögliche negative Wurzel zu gebrauchen sei, läßt sich folgender Gestalt beurtheilen. Es ist $Z. \gamma = c \tan \alpha$. Ist $\tan \alpha$ negativ so ist $\alpha > 90^\circ$, und der Flügel läuft nach entgegengesetzter Richtung, folglich wird γ negativ: woferne nun c in diesem Falle positiv ist, so muß es auch Z sein. Ist aber c auch negativ, das heißt, stößt der Strom auf die entgegengesetzte Seite des Flügels, so läuft der Flügel wiederum nach der ersten Richtung und γ wird wiederum positiv: weil nun $-c \times -\tan \alpha = +c \tan \alpha$, so muß auch $+ \gamma \times Z$ positiv und Z nicht negativ sein. Bleibt endlich $\tan \alpha$ positiv und nur c allein wird negativ, so wird auch in diesem Falle γ negativ und Z muß also in allen Fällen positiv sein, und die negative Wurzel der Gleichung kann nicht gebraucht werden. Es kommt also nur darauf an, die mögliche positive Wurzel zu finden.

§. 17.

Man überfieht gleich anfangs, daß das Element $r s$ ohngefähr in der Mitte des Flügels liegen oder Z beinahe $\frac{a+b}{2}$ sein werde. Man bemerkt auch noch leicht, daß Z nicht genau $\frac{1}{2}(a+b)$ sondern etwas größer, oder der obere Theil des Flügels wegen seiner größern Entfernung etwas kleiner als der untere sein müsse. Weil nun in jedem Fall a und b gegeben sind, so verwandle man alle Coefficienten in Zahlen und setze die so gefundene Gleichung $Z^4 - A Z^2 + B Z - C = y$. Statt Z setze man nun $\frac{1}{2}(a+b)$ so findet $y = -D$. Weil man nun weiß, daß $\frac{1}{2}(a+b) < Z$, so nehme man zum zweiten mal einen muthmaßlichen Werth für Z der um etwas wenigens größer ist, z. B. $\frac{3}{4}(a+b)$ oder $\frac{7}{10}(a+b)$ so findet man viel-

vielleicht schon $y = + E$ (oder fände man $- E$, so wird doch E um vieles kleiner als D , und man der Wurzel näher gekommen sein). Solchem nach hat man für

$$Z = \frac{1}{2} (a + b) \text{ ist } y = - D$$

$$Z = \frac{3}{5} (a + b) \text{ ist } y = + E$$

$$\text{Die Differenz } \frac{1}{10} (a + b) \text{ und } - D \pm E$$

Man setze nun

$D \pm E : E = \frac{1}{10} (a + b) : F$, und addire oder subtrahire F von $\frac{3}{5} (a + b)$ je nachdem $- E$ oder $+ E$ gefunden ist. So wird $Z = \frac{3}{5} (a + b) \pm F$ der gesuchten Wurzel ziemlich nahe kommen. Der so gefundene Werth sei $= Q$ und um zu untersuchen wie viel noch fehle, setze man Q nochmals in die Gleichung, und findet man dann $y = + g$ oder $- g$ so ist Q zu groß oder zu klein. Vermindert oder vermehrt man ihn um eins in irgend einer Decimalstelle, und versucht ob man dadurch der Wurzel noch näher oder entfernter gekommen sei, so findet man auf diese Art, auf wie viele Decimalstellen solche Wurzel richtig ist. Will man sie näher suchen, so kann man das Verfahren, so oft als man es nöthig findet, wiederholen.

Bequemer und zugleich genauer findet man im gegenwärtigen Fall die Wurzel durch eine leichte Differenzial-Rechnung. Wenn Z und y Functionen von einander sind, und y um einen Wehrt $= e$ vermehrt oder vermindert, oder statt y nun $y \pm e$ gesetzt wird, so wird

$$Z \text{ grösser oder kleiner um den Wehrt } \pm \frac{e dz}{dy} + \frac{e^2 d^2 z}{2 \cdot dy^2} + \frac{e^3 d^3 z}{2 \cdot 3 dy^3} + \frac{e^4 d^4 z}{2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot dy^4} + \dots;$$

und wenn diese Reihe sehr convergirend ist, und man den geänderten Wehrt von Z nicht in der größten Schärfe sucht, so kann man oft, mit Weglassung aller folgenden Glieder, $Z \pm$

$$\frac{e dz}{dy} = y \pm e \text{ setzen. Weil nun } Z^4 - A Z^2 + B Z - C = y; \text{ so ist } (4 Z^3 - 2 A Z + B)$$

$$dz = dy; \text{ und } \frac{dz}{dy} = \frac{1}{4 Z^3 - 2 A Z + B} \text{ hat man denn auf vorhin erwähnte Art für } Z$$

einen ohngeföhren Wehrt z. B. $\frac{3}{5} (a + b)$ angenommen, und $+ y$ gefunden, so nehme man $e = y$ aber negativ, damit $+ y - e = 0$ werde. y wächst mit Z , und wenn $+ y$ gefunden,

so ist $\frac{3}{5} (a + b)$ noch zu groß für Z ; es muß daher $\frac{e}{4 Z^3 - 2 A Z + B}$ negativ oder von

$\frac{3}{5} (a + b)$ subtrahirt werden. Der Rest wird den Wehrt ziemlich genau, aber um ein we-

niges zu klein geben, welches daraus erhellet, dafs in erstgedachter Reihe das nächst folgende Glied $\frac{e^2 d d z}{2 d y^2}$ positiv ist. Untersucht man wie grofs dieses Glied in Zalen ausfalle, so ergibt sich daraus in wie ferne jener Wehrt genau gefunden sei.

Weil dergleichen Rechnungen nicht Jedermanns Sache sind, so habe folgende Tafel mittheilen wollen, die für alle Fälle genügen kann.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Nr.	a	b	$\frac{a+b}{2}$	Z	Z	$\frac{e^2 d^2 z}{2 d y^2}$	Z ²
1	10	10	10	10	10	0	10
2	10	9	9,5	9,507	9,5085	0,00026	9,50
3	10	8	9	9,028	9,0304	0,00026	9,03
4	10	7	8,5	8,566	8,5687	0,00012	8,59
5	10	6	8	8,126	8,1271	0,00019	8,17
6	10	5	7,5	7,713	7,7108	0,00015	7,77
7	10	4	7	7,331	7,3268	0,00010	7,43
8	10	3	6,5	6,991	6,9850	0,00005	7,13
9	10	2	6	6,704	6,6998	0,00001	6,89
10	10	1	5,5	6,487	6,4929	0,000007	6,73
11	10	0	5	6,368	6,3987	0,00012	6,66

Die Spalte I, enthält die Zal der berechneten Fälle; II die Länge der Ruthe von der Axe zum äußersten Punkt des Flügels; III die Länge der Ruthe zwischen Axe und Flügel; IV Länge der Ruthe von der Axe bis an die Linie, welche durch den Schwerpunkt des Flügels geht und die Ruthe rechtwinklicht schneidet; V Wehrte von Z nach der ersten Methode; VI genauere Werthe von Z nach der letztern Differenzial-Rechnung; VII Prüfung der nächst vorstehenden Wehrte von Z, woraus erhellet, dafs sie auf drei bis vier Decimalstellen richtig sind; VIII Wehrte von Z, nach der Hypothese, dafs der schiefe Stofs der simplen Geschwindigkeit $c \sin \alpha = x \gamma \cos \alpha$ proportional sei. Wäre derselbe Stofs etwa irgend einer andern Potenz

Potenz der Geschwindigkeit die zwischen 1 und 2 fiele proportional, wie man aus einigen neuen Experimenten hat schliessen wollen, so enthalten die VI und VIII Spalte wenigstens die Grenzen der Werthe von Z , welche für die ersten 3 Fälle noch um kein $\frac{1}{100}$ Theilchen differiren.

Der Gebrauch dieser Tafel wird in folgendem (§. 37.) vorkommen.

§. 18.

Ob wol nun der Theorie gemäß $Z \gamma = c \tan \alpha$ ist; wie groß auch α genommen wird, so sieht man doch leicht, daß in der Ausübung der Wehrt von α nicht gleichgültig sein werde. Wenn $\tan \alpha$ sehr groß wird, so muß auch γ sehr groß werden. Wenn nun die Ruthe keine mathematische Linie sondern ein natürlicher Körper ist, so wird sie einen Widerstand leiden, welcher dem Quadrat von γ proportional ist. Dieser Widerstand muß nothwendig veranlassen, daß allemal $Z \gamma < c \tan \alpha$ ist. Noch mehr, wenn beinahe $\alpha = 90^\circ$ und $\tan \alpha$ sehr nahe unendlich wird, so sollte auch γ in Vergleichung mit c unendlich werden, aber des Widerstandes wegen, der mit der Geschwindigkeit immer zunimmt, wird γ in diesen Falle so gar $= 0$. Bevor $\gamma = 0$ wird, muß es allmählig abnehmen und für irgend einen Wehrt von α ein Maximum haben. Dis Maximum wird lediglich von der Vollkommenheit der Maschine, von der Feinheit und der Leichtigkeit der Ruthe und Flügel abhängen; aber schwerlich wird der geschickteste Künstler es weiter bringen, als daß im Fall der größten Geschwindigkeit der Flügel etwa 6 bis 8 mal geschwinder als der Strom der flüssigen Masse laufe, d. i. $Z \gamma = 6 c$ bis $8 c$, oder $\tan \alpha = 6$ bis 8 , folglich $\alpha = 80$ bis 83° sein; für alle größere Winkel wird γ schon abnehmen. Da es nun überhaupt gut ist, daß der Flügel so frei als möglich umlaufe, der Widerstand aber mit α zunimmt, so ist es nicht rathsam α sehr groß zu nehmen. Der Bequemlichkeit wegen wäre es gut α so zu nehmen daß $Z \gamma = c$. Und in diesem Fall muß α wenigstens etwas größer als 45° sein, dessen $\tan = 1$ ist. Weil nämlich $Z \gamma < c \tan \alpha$ ist, aber $Z \gamma = c$ sein soll, so muß $\tan \alpha > 1$ sein. Wie viel α größer als 45° sein muß, hängt wiederum von der Beschaffenheit des Werkzeugs ab und läßt sich durch keine Rechnung bestimmen; je vollkommner dieses gemacht ist, je näher wird α dem Winkel von 45° Grade kommen.

§. 19.

Es ist noch ein Umstand vorhanden, weshalb die Größe von α nicht gleichgültig ist. Ruthe und Flügel leiden nicht allein Widerstand vom Strom, sondern auch ihre eigne Masse widersteht im Anfang der Bewegung; und es ist eine Kraft nötig diesen Widerstand zu überwinden. Wollte man z. B. die Geschwindigkeit eines sehr schwachen Windes mit diesem Flügel beobachten, so muß die Fläche des Flügels sehr groß oder auch so gestellt sein, daß der

Wind

Wind einen beträchtlichen Druck darauf ausüben könne, widrigen Falls wird der Flügel gar nicht in Bewegung kommen. Es ist aber aus zweierlei Ursachen rathsam, die Fläche so klein als die Umstände nur zu lassen, zu nehmen: erstlich sieht man aus der Tafel §. 17; daß die etwanige Ungewisheit, welche in der Bestimmung des Webrts von Z übrig bleibt, zu nehmen, je größer der Flügel oder je kleiner b genommen wird, zweitens leidet alles übrige gleich gesetzt, eine größere Fläche vermuthlich mehr Widerstand als eine kleinere, wenn auch nur bloß auf den Umstand etwaniger Rauigkeit der Flächen und Cohäsion mit den flüssigen Theilchen gesehen wird. Soll also die Fläche am kleinsten, so muß ihre Stellung in Absicht des Drucks am vortheilhaftesten sein. Dis letztere hängt von der Länge der Ruthe und dem Winkel α ab. Je länger die Ruthe genommen wird, je größer wird zwar das Moment des Drucks, aber auch das Moment des Widerstandes nimmt zu und die Ruthe muß um so viel stärker sein, je länger sie ist. Eben so gewinnt man nicht viel dadurch, daß mehrere Flügel an derselben Axe befestigt werden, weil jeder seinen Widerstand überwinden muß. Dadurch, daß man den Winkel α größer oder kleiner nimmt, wird der Druck beträchtlich geändert; und es ist zu untersuchen, wie groß α sein müsse, damit das Moment, den Flügel in Bewegung zu setzen, am größten werde.

§. 20.

Aus dem mechanischen Moment des senkrechten Drucks (§. 15.), in welchen α unter den Ausdruck $(c \sin \alpha - x \gamma \cos \alpha)^2$ vorkommt, wird das statische, wenn $\gamma = 0$ wird. Und der senkrechte Druck hängt nun ab von $C^2 \sin^2 \alpha$, wächst also, wenn alles übrige ungeändert bleibt mit α . Man zerlege ihn in zwei andere, wovon der eine nach der Richtung der Axe, der andere nach der Richtung der Bewegung des Flügels genommen wird, so ist jener $C^2 \sin^2 \alpha$, und dieser $C^2 \sin^2 \alpha \cos \alpha$; dis letztere soll ein Maximum sein. Es sei $\cos \alpha = x$; so ist $\sin \alpha = \sqrt{1 - x^2}$ und $\sin^2 \alpha \cos \alpha = (1 - x^2)x = x - x^3$; und $3x^2 dx - dx = 0$; folglich $3x^2 = 1$; und $x = \sqrt{\frac{1}{3}} = \cos \alpha$; woraus $\alpha = 54^\circ 44' 8''$ gefunden wird. Wäre hingegen der schiefe Stofs flüssiger Massen nicht dem Quadrat der Geschwindigkeit, sondern der einfachen Verhältniß derselben proportional, so hat man $(C \sin \alpha - x \gamma \cos \alpha) \cos \alpha$ und für $\gamma = 0$; müßte $\sin \alpha \cos \alpha = x \sqrt{1 - x^2}$ ein Maximum

sein. Also $\sqrt{1 - xx} dx - \frac{xx dx}{\sqrt{1 - xx}} = 0$; und $1 - xx = xx$ oder $\sqrt{1 - xx} = x$; d. i. $\sin \alpha = \cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{2}}$ folglich $\alpha = 45^\circ$. Woferne nach irgend einer andern Potenz der relativen Geschwindigkeit, die zwischen 1 und 2 fällt, zu rechnen wäre, so würde der Winkel, bei welchem der Stofs am größten ist, doch zwischen 45 und 55 Grade sein. Man kann daher ohne Bedenken α so nehmen, daß $Z \gamma = C$ (§. 18.) werde.

§. 21.

Es hängt demnach die Vollkommenheit des hydrometrifchen Flügels sehr davon ab, daß die Fläche sehr dünne und fast schneident scharf, auch an beiden Seiten wol polirt und glatt sei; die Ruthe gleichfalls fein, glatt und wolgerundet, jedoch dabei so stark sei, daß sie nicht biegsam werde und dem Widerstande nachgebe; auch α auf das vortheilhafteste genommen werde. Hiezu kommt endlich noch ein Umstand, daß der Flügel auch schwer ist, und dis kann seine Umlaufsbewegung irregulair machen, woferne nicht etwa das Fluidum worin er sich bewegt mit ihm von einerlei eigenthümlicher Schwere ist, welches selten der Fall sein dürfte. Ist das Fluidum schwerer als der Flügel, so wird dieser, wenn er im niedrigsten Punkte seines Umlaufskreises ist, mit beschleunigter Bewegung aufwärts gehen, und es wird ein Druck nöthig sein, ihn wieder unterwärts zu treiben. Ist der Flügel schwerer, so erfolgt dasselbe umgekehrt. Dagegen ist nun das beste Mittel, an derselben Axe noch einen, dem vorigen gerade entgegen gesetzten Flügel anzubringen, wie Fig. 7. In solchem Falle, da das Werkzeug mit zwei gleich großen und gleich schweren Flügel versehen, bleibt die Umlaufsbewegung, wie man ohne alle Demonstration leicht übersieht, gleichförmig, indem die Wirkung der Schwere durch das Gleichgewicht zu beiden Seiten der Axe aufgehoben wird. Alles was dann noch übrig bleibt, ist ein Druck des ganzen Instruments aufwärts oder unterwärts, je nachdem das Fluidum specifisch schwerer oder leichter als das Material des Flügels ist. Derselbe Druck fällt nun auf die Auf- oder Unterlage der Axe, wodurch das Werkzeug gehalten wird, und kann eine ganz unerhebliche Friction verursachen, weshalb die Berührungspunkte der Axe mit ihrer Einfassung wol polirt und hart sein müssen. Als einen Effect des schweren und trägen Materials muß man es noch ansehen, daß der Flügel eine einmal angenommene Bewegung ungerne ändert. Es fließen aber die Ströme nicht allemahl gleichförmig und damit der Flügel sehr empfänglich werde und die geänderte Bewegung des Stroms leicht annehmen, muß er möglichst leicht sein. Vielleicht ist es auch in dieser Absicht gut mehr als einen Flügel an die Axe zu setzen.

§. 22.

Anmerkung. Bisher ist immer voraus gesetzt, die Axe des hydrometrifchen Flügels läge in der Richtung des Stroms: es wäre noch wol zu untersuchen, was erfolge, wenn sie eine schiefe Lage gegen den Strom hätte. Es können Fälle sein, wo man wenigstens ungewiß ist, ob die Axe mit den Strom parallel liege oder um einige Grade davon abweiche; und in solchen Fällen ist es doch gut zu wissen, wie viel man durch die schiefe Lage etwa fehlen könne. Es ist aber die theoretische Untersuchung hierüber so verwickelt und wegen Mangel an gewissen Grundfäzen über den schiefen Stofs, so zweifelhaft, daß ichs nicht der Mühe werth achte die Theorie hierüber weiter fort zu setzen, sondern solches lieber im practischen

Theile

Theile dieser Abhandlung erörtern will. Was ich im folgenden §. hierüber noch anführe, geschieht blos um den Begriff und die Eigenschaften des hydrometrischen Flügels so deutlich als möglich vorzustellen und die Nothwendigkeit einer gedoppelten Beflügelung zu zeigen.

§. 23.

Es sei (Fig. 7.) $s t$ die Richtung des Stroms, welche mit der Axe den Winkel $d c t = \vartheta$ einschließt; des Flügels, $f g$, Neigungswinkel, $d c k$, ist wie bisher $= \alpha$. Der Anstosswinkel des Stroms mit der Fläche $f g$ sei y oder $m e f = y$. Was für eine Lage auch $c s$ hat, so kann man wenigstens durch $c d$ eine Ebene $d c s$ legen die in der Richtung des Stroms befindlich ist. (Diesem Fall sieht man täglich an unsern Windfahnen, die sich in der Richtung des Windes stellen, der Wind mag vollkommen horizontal oder unter irgend einen Winkel auf- oder unterwärts streichen). Man stelle sich diese Ebene $s c d$ izzt horizontal und die Winkel ϑ und α in derselben vor, so ist die Ebene des Kreises, $n p q r$, worin die Ruthe $c q$ umläuft auf jener senkrecht, steht auch die Ruthe $c q$ izzt senkrecht auf der Ebene $s c d t k$, so liegt die Fläche des Flügels, $f g$, mit $c k$ in einer Ebene, und man sieht, dafs in diesem Fall $y = \alpha - \vartheta$ sei. y ist nun für jede Lage des Flügels veränderlich, hingegen sind α und ϑ beständig. In der nur erwähnten Lage ist y am kleinsten. Indem der Flügel von q nach p und n sich bewegt wächst y , und wenn er in n eine der vorigen entgegengesetzte Lage hat, ist y am größten und $= \alpha + \vartheta$; bewegt der Flügel sich weiter fort nach r so nimmt y wieder ab; und solchergestalt ist y zwischen den Grenzen $\alpha - \vartheta$ und $\alpha + \vartheta$ enthalten. Da nun die Geschwindigkeit des Flügels $= v$ von den veränderlichen Anstosswinkel dergestalt abhängt, dafs

$$\frac{c \sin y}{\cos \alpha} = v \quad (\S. 10.)$$

sein mufs, wenn kein Widerstand entstehen soll; so sieht man, dafs die Bewegung des Flügels nicht gleichförmig geschehen könne, sondern v mit y wachsen und abnehmen müsse. Wenn $\alpha = \vartheta$ so ist der kleinste Wehrt für $y = \alpha - \vartheta = 0$, folglich wird der Flügel dann nicht mehr ganz umlaufen können, obgleich der größte Wehrt von $y = 2\alpha$ ist. Man verlängere die Ruthe $c q$ nach n und mache alles auf der einen Seite von c wie auf der andern: so hat der Flügel $h i$ die vortheilhafte Lage oder den größten Anstosswinkel wenn $f g$ den kleinsten hat. Der Flügel wird nun noch umlaufen wenn gleich der kleinste Wehrt von $y = 0$, oder des einen Flügel Ebene in der Richtung des Stroms liegt. Es kann so gar $\vartheta > \alpha$, und $\alpha - \vartheta$ negativ werden. D. h. der Strom kann auf der Rückseite des einen Flügels und auf der Vorderseite des andern stoßen, und der Flügel kann dennoch fortfahren ordentlich umzulaufen, woferne der letzte Stofs noch grösser als der erstere ist und er bleibt immer grösser so lange nicht $\vartheta = 90^\circ$ ist oder die Richtung des Stroms mit der Richtung der Axe einen rechten Winkel macht. Von diesen Sätzen, dafs der gedoppelte Flügel bei jeder Neigung des Stroms die kleiner als 90° ist, umlaufen müsse; und dafs solche Umlaufsbewegung gleich-

gleichförmig fein müße, übergehe ich hier die schärfern Beweise (§. 22.): und begnüge mich damit, die Gründe gezeigt zu haben, warum es nothwendig sei, diesen hydrometrischen Werkzeuge wenigstens zwei entgegengesetzte Flügel zu geben: weil nämlich in diesem Fall eine kleine Abweichung von der Richtung des Stroms weniger Einfluss auf die Bewegung hat, als wenn das Instrument nur einen Flügel hätte. Wollte man ihm mehr als zwei Flügel geben, so müßten es viere, so gestellt wie an den Windmühlen, und nicht drei sein, weil letztern Falls bei einer schiefen Richtung des Stroms die Bewegung wiederum ungleichförmig würde. Durch noch mehr als 4 Flügel würde man das Werkzeug unnützlicher Weise beschweren. Ob jemand nun 4 oder 2 Flügel nehmen soll, bleibt ihm selbst überlassen, doch scheint es alles wol erwogen fast rathsamer 4 als 2 zu nehmen, weil Irregularitäten der Ströme, etwanige Fehler in der Stellung eines Flügels, und dergleichen auf ein vierflügelichtes Werkzeug vielleicht weniger Einfluss haben, als auf ein zweiflügelichtes.

Zweiter Abschnitt.

Gebrauch des Hydrometrifchen Flügels.

§. 24.

Die Ströme flüssiger Wesen deren Geschwindigkeit zu messen gewöhnlich vorkommt, sind der Wind und die Wasserströme, und hierauf schränkt sich der Gebrauch dieses Werkzeuges ein. Es muß demnach hier gezeigt werden, wie es als *Windmesser* und als *Strommesser* einzurichten und wie man dabei zu verfahren habe. Man erachtet leicht, daß hierin viel willkürliches sei; daß man das Instrument groß oder klein, die Einfassung rund viereckigt, von Holz, Eisen u. s. w. machen könne. Ich werde nun alles so beschreiben, wie ich es durch Erfahrung geleitet am bequemsten gefunden habe. Die vorhergehende Theorie und ein dreijähriger täglicher Gebrauch dieses Werkzeuges werden mich hoffentlich darüber entschuldigen, daß ich weiter keine Rechenschaft darüber gebe, warum alles auf diese und nicht auf tausend andere mögliche Weise ist eingerichtet worden. Bevor ich aber die Beschreibung des Windmessers und Strommesser vornehme, mögen noch einige Versuche hier stehen, die ich zur Prüfung der vorhergehenden Theorie angestellt habe.

§. 25.

In der 8ten Fig. ist A B ein hölzerner Stab mit einer metallnen Gabel B C D versehen, in welchen die beflügelte Axe C D kunstmäßig umlaufen kann. Die Flügel E und F sind von Holz und können auf den dünnen stählernen Ruthen C E, C F auf jeden beliebigen Winkel gestellt werden. Bei g ist ein Ohr durch welche eine dünne seidene Schnur h g, geht, welche an der Axe befestiget ist, und sich auf dieselbe, wenn die Flügel umlaufen, aufspinnt. Alles ist übrigens zweckmäßig und so leicht eingerichtet, daß ein Mann dasselbe mit dem Stabe bequem bewegen kann. Man setze nun, daß jemand am Ufer eines Graben, in welchem *stilles Wasser* befindlich, fortgehe, indem er das Instrument so tief eintaucht, daß die Flügel unter der Oberfläche des Wassers bleiben, so werden die Flügel umlaufen. Am Ende einer gewissen Distanz, z. B. 100 Fufs kann man die Umläufe zählen, indem man das Instrument hervor hebt und beobachtet, wie viel mal die Schnur aufgewickelt sei. Auf die Weise habe folgende Versuche gemacht.

§. 26.

Zu untersuchen, ob eine Verschiedenheit der Höhe des Flügels beträglichen Einfluß auf die Geschwindigkeit desselben habe oder die Wehrte von Z (§. 17.) zu prüfen, ließ ich die

Ruthen

Ruthen mit zwei hohen Flügel von hölzernen Brettern die so dünne und glatt als möglich versehen. Die Ruthen waren 13 Zoll lang, und 12 Zoll hoch die Flügel; der Anstosswinkel ohngefähr = 45 Gr. Das Instrument ward 100 Fufs lang im Wasser fortgezogen und die Umläufe gezält. Dann wurden die Flügel nahe bei der Axe und am äuffersten Ende $2\frac{1}{2}$ Zoll abgekürzt, so dafs sie 7 Zoll hoch und ihr Schwerpuncte unverändert blieben und die Umläufe wurden wie vorhin beobachtet; die Flügel wurden dann noch um 5 Zoll kürzer gemacht und die Umläufe zum 3ten mal gezält. Das Resultat war folgendes:

	Höhe der Flügel.	Zahl der Umläufe.	Verhältnifs der Wehrte von Z.	Nach der Tafel VI.	§. 17. VIII.
Abstand des Schwerpuncts der Flügel von der Axe = 7 Zoll.	12 Zoll	22	9	9/03	9/03
	7 —	26	7/6	7/71	7/77
	2 —	28	7/07	6/49	6/73

Es wird hiedurch die Theorie in so weit vollkommen bestätigt, dafs für höhere Flügel der Wehrt von Z gröfser ist, oder dafs von verschiedenen Flügel, deren Schwerpuncte gleiche Entfernung von der Axe haben, diejenigen am geschwindesten umlaufen, die am kürzesten sind. Ob aber die Wehrte von Z in der VI oder VIII Spalte (§. 17.) am zuverlässigsten sind, das kann durch Versuche mit hölzernen Flügel gar nicht ausgemacht werden, sondern es werden hiezu dünne metalne Flügel und überhaupt mehr Geräthschaften und Bequemlichkeiten erfordert als mir die Umstände verstattet haben. Man wird nun allen etwanigen Irrthum dieserwegen zu vermeiden, wol thun, die Höhe der Flügel in Verhältnifs der Ruthe so klein zu nehmen, als die übrigen Umstände nur zu lassen. Kann man sich in den ersten 3 Fällen gedachter Tafel beschränken, so sind die Wehrte VI und VIII noch für gleich zu achten; geht man darüber hinaus, so scheint es am sichersten zu sein, dafs man aus beiden das Mittel nehme, wenn man theoretisch genau sein will. Uebrigens wird bald erhellen, dafs es auf die Richtigkeit im Gebrauch des Instruments keinen Einfluss habe, ob man die Wehrte von Z genau kenne oder nicht.

§. 27.

Zu untersuchen, wie die Geschwindigkeit von dem Anstosswinkel α abhängt, stellte ich die Flügel nach und nach auf verschiedene Grade und zälte jedesmal die Umläufe. Dafs Resultat ist, dafs von 5 bis 35 Gr. sich die Umläufe genau wie die Tangenten der Anstosswinkel verhalten; für gröfssere Winkel aber war die Zal der Umläufe kleiner als sie dieser Verhältnifs gemäfs sein sollte, doch nahm sie noch immer zu bis zwischen 80 und 85 Grade, wo sie wiederum abnahm. So dafs in diesem Punct die Erfahrung vollkommen das bestätigt, was man der Theorie (§. 18.) gemäfs erwarten kann.

§. 28.

Zu untersuchen, bei welchem Anstosswinkel das statische Moment den Flügel zu drehen am grössten sei, stellte ich den einen Flügel auf 45 Gr. und den andern nach und nach auf verschiedene kleinere und grössere Anstosswinkel und alle mal so, dass beide Flügel sich contrair waren, nämlich der eine rechts und der andere links umzulaufen strebte, welcher Flügel nun die Ueberwucht bekam, dessen statisches Moment war also am grössten. Das Resultat hievon war, dass das Instrument allemal nach der Richtung umlief, welche der Stellung des Flügels auf 45° gemäss war, dass also dieser jederzeit eine Ueberwucht zeigte, welche nur zwischen 40 und 45° etwas zweifelhaft*), in allen übrigen Fällen sehr merklich war. Da nun dieses ganz gegen die gewöhnliche Theorie (§. 20.) ist, so veränderte die Versuche noch dergestalt, dass wenn der eine Flügel auf 60°, 70°, 80° u. s. w. gestellt war, alsdann der andere auf die Complementary 30, 20, 10 u. s. w. richtete, und in diesen Fällen waren beide Flügel beständig im Gleichgewichte, welches nicht sein könnte, wenn der Stoss $\sin^2 \alpha \cos \alpha$ proportional wäre. Es ist also hieraus klar, dass die gewöhnliche Theorie des schiefen Stosses sehr fehlerhaft und derselbe Stoss dem $\sin^3 \alpha \cos \alpha$ zu gleichen Potenzen, nämlich $\sin^3 \alpha \cos \alpha$ proportional, folglich für $\alpha = 45^\circ$ am grössten ist.

§. 29.

Unter den Schober'schen Versuchen über die Kraft des Windes bei Umtreibung der Windmühlenflügel (Hamb. Mag. IX Band 2 St.) ist einer (pag. 139) aus welchem, wenn er zuverlässig genug wäre, sich der Exponent von $\sin^3 \alpha \cos \alpha$ folgender Gestalt, wo ich nicht irre, finden lässt. Herr Schober hat folgendes Täflein

Inclination der Flügel mit der Axe.	Kraft die Flügel zu drehen.
80° . . .	85
70. . . .	152
60. . . .	230
50. . . .	350
40. . . .	395
30. . . .	335
20. . . .	200
10. . . .	77

Man füge diesen Zalen noch die Producte, $\sin \cos$. bei, und gebe allen die bisherige Bedeutung, so ergibt sich folgende Tafel 1te, 2te und 3te Abtheilung.

I An-

*) Anmerk. Bei nachherigen genauen und wiederholten Versuchen habe befunden, dass der schiefe Stoss wirklich bei 40° etwas grösser als 45° u. 50°; auch bei 30, und 20° wirklich noch etwas grösser als bei 60 und 70° ist, wenn man anders aus dem Umlaufe der Flügel auf die erwähnte Art schliessen darf.

1 Anstofs-Win- kel α	2 $\sin \alpha \cos \alpha$	3 $(\sin \alpha \cos \alpha)^x$	4 Wehrte von x	5 $(\sin \alpha \cos \alpha)^x$ corrig.	6 Wehrte von x
80	0,1704	85	0,917	81	1,229
70	0,3211	152	1,385	176	1,582
60	0,4330	230	3,225	282,5	2,148
50	0,4925	350	$\left(\frac{0}{-0,0525}\right)$	372,5	$\left(\frac{0}{0}\right)$
40	0,4925	395	1,279	372,5	2,148
30	0,4330	335	1,725	282,5	1,582
20	0,3211	200	1,506	176	1,229
10	0,1704	77	1,678	81	1,653

Um den Exponenten x zu finden, nenne man die Zalen der zweiten Spalte nach der Reihe A und a , nämlich jede vorhergehende $Zal = A$ und jede nächstfolgende $= a$ (ist z. B. 0,3211 $= A$ so ist 0,4330 $= a$); und eben so die nebenstehenden Zalen der 3ten Spalte $= B$ und b , so hat man folgende Proportion

$$B : b = A^x : a^x; \text{ also } \log B - \log b = x \log A - x \log a = x (\log A - \log a).$$

folglich $x = \frac{\log B - \log b}{\log A - \log a}$. Nach dieser Formel habe die Wehrte von x gefunden wie sie

in der 4ten Spalte stehen. Und es erhellet daraus, daß die Versuche sehr unregelmäßig sind und im Durchschnitt nahe genug den Wehrt für $x = 1,67$ oder beinahe $\frac{2}{3}$ geben. Anstatt aber der grösste Stofs bei 45° sein muß, findet man ihn bei 40° ; auch sind die Stofskräfte für correspondirende Winkel, 80 und 10, 70 und 20 sich nicht gleich, wie sie doch sein müßten. Wollte man dis verbessern und aus den verschiedenen Stofskräften die arithmetischen Mittel nehmen, so findet man diese in der 5ten und ihre correspondirende Wehrte von x in der 6ten Columnne. Diesem gemäß wäre x ein veränderlicher Exponent, der bis 45° wächst und dann wieder abnimmt. Ich muß aber gestehen, daß die sämtlichen Schober'schen Versuche über den Stofs des Windes mir durchaus unzuverlässig vorkommen, aus dem einzigen Grunde, daß Hr. Schober die anstossende Flächen im Kreise bewegen liefs und man hiebei wol nicht annehmen darf, daß die Luft in Ruhe geblieben, wie die Resultate voraussetzen. Am Wasser sehen wir wenigstens, daß wenn ein fester Körper in demselben kreisförmig und wiederholt herum bewegt wird, dasselbe Wasser alsdann die kreisförmige Bewegung mit annehme.

§. 30.

Zu untersuchen, ob Unebenheiten und Rauigkeiten auf der gegen den Strom gekehrten Seite des Flügels auf den Stofs einigen Einflufs hätten, stellte zwei gleiche Flügel, wovon der

der eine glatt, der andere uneben war, an entgegengesetzten Ruthen, daß beide Flügel in einer Ebene lagen und nach entgegengesetzten Richtungen zu bewegen gedrückt wurden, das Resultat war, daß der glatte Flügel jederzeit die Ueberwucht hat.

§. 31.

Zu untersuchen wie sich die Geschwindigkeit ändere, wenn die Axe nicht in der Richtung des Stroms liegt, befestigte an einen Stabe (§. 25.) zwei völlig ähnliche Instrumente, wovon das eine senkrecht, das andere nach und nach um verschiedene Grade declinirt wurde. Das Resultat ist folgendes

Declination der Axe.	Zahl der Um- läufe.	Cofinus der Declination.	Ein andermal war die Zal der Umläufe.
Grad.			
0	100	1,00	100
10	97 $\frac{1}{2}$	0,984	98,2
20	92	0,939	92,1
30	84 $\frac{1}{2}$	0,866	83,2
40	—	0,766	68,2
50	—	0,642	52,
60	—	0,500	35,2

Aus Vergleichung der Zahlen der 2ten und 3ten Spalte scheint zu erhellen, daß sich die Geschwindigkeiten des Flügels, dessen Axe gegen den Strom geneigt ist, wie die Cofinus der Neigungswinkel für die ersten Grade ohngefähr verhalten; und es ist daraus wenigstens so viel gewis, daß ein Versehen von einigen wenigen Graden, um die man etwa wegen der parallelen Lage der Axe und des Stroms zweifelhaft sein kann, keinen merklichen Einfluss auf die Geschwindigkeit des Flügels und Richtigkeit der Beobachtung habe. Man sieht auch, daß eben dieses Werkzeug als *Strom-* oder *Windzeiger* dienen und man die Richtung des Stroms finden könne, indem das Instrument in eine solche Lage gebracht wird, wo es gar nicht umläuft. In diesem Falle ist $\text{Cof der decli} = 0$; die Richtung des Stroms steht senkrecht auf die Axe des Instruments, und die Ebene der Ruthen liegt in der Richtung des Stroms. Beobachtet man nun die Lage der Ruthen und dreht das Instrument so lange bis die Axe dieselbe Lage bekommt, welche erst die Ruthe hatte, so liegt die Axe mit dem Strom parallel.

§. 32.

Beschreibung des Windmessers S. Fig. 9. und 10.

A B ist die Axe, an welcher die Ruthen unmittelbar befestiget, von Stahl rund und glatt polirt, nahe bei der Axe 2, und nahe am Flügel 1 Linie im Durchmesser ohngefähr stark find.

find. Der Kreis, in welchem der Mittelpunkt der Flügel umläuft ist 10 Fufs; oder die Länge der Ruthen von der Axe bis zum Mittelpunkt der Flügel ist $\frac{120}{2, 3, 14.} = 19, 1$ Zoll. Die Flügel sind von hartem Holze dünne und wol polirt, $2\frac{1}{2}$ Zoll hoch, 6 Zoll breit und werden fein gebohrt und auf die Ruthen gesteckt, welche des Endes mit einer viereckigten Spitze versehen sind. Die ganze Länge der Ruthen von der Axe zum äussersten Punkt des Flügels ist demnach $19, 1 + 1\frac{1}{4} = 20, 35$ Zoll. Die Verhältniss zwischen Ruthe und Flügel ist also $20, 35 : 2, 5$; oder nach der Tafel des §. 17; $a : b = 20, 35 : 17, 85 = 10 : 8, 7$; dafs also der gegenwärtige Fall zu Nr. 2 erwähnter Tafel gehört, wo man ohne Bedenken den Wehrt von $Z = \frac{a + b}{2} = \frac{20, 35 + 17, 85}{2} = 19, 1$ Zoll setzen; und den Weg des Flügels für jeden Umlauf = 10 Fufs rechnen kann. Die Axe hat bei B ein Zapfen und bei A eine Hohlkehle, durch welche sie auf den metallnen Armen des Gestells umläuft. Damit die Umläufe bequem gezählet werden mögen, ist die Axe mit einer Schraube ohne Ende und das Gestell mit einer metallnen Scheibe von ohngefähr 6 Zoll im Durchmesser versehen. Die Scheibe läuft zwischen zwei eisernen Lagerstücken, de, und hat bei c eine stählerne Axe, die in messingne Büchsen, welche in den Lagerstückchen befindlich, umgehen. Die Lagerstückchen können durch zwei Schrauben-Niete bei d und e zusammen gesetzt oder von einander genommen werden. Das Nied bei d geht durch den Armen des Gestells; und das Lager mit der Scheibe ist um dasselbe beweglich, dergestalt, dafs wenn der Faden f, welcher durch ein Ohr g, hängt, angezogen oder niedergelassen wird, alsdann das Lager mit der Scheibe auf und niedergeht. Wird das Lager gehoben, so greift die Schraube ein und treibt die Scheibe um, läst man den Faden nach so fällt das Lager nieder und der Index bei h greift ein und hemmt die Scheibe. Der Spielraum, um welchen das Lager auf und niedergelassen werden kann, wird durch Einkerbung oder Hervorstechung auf den Arm des Gestells bei e bestimmt, und muss nicht grösser sein als dafs, wenn das Lager in der Mitte des Spielraums gehalten wird, alsdann die Scheibe zwischen Index und Schraube frei umgehen und auf jede beliebige Zal, z. B. auf Null, gestellt werden kann. Auch muss die Einkerbung so beschaffen sein, dafs durch die Anziehung des Fadens das Lager nicht etwa über die bestimmte Höhe komme und Scheibe und Axe einander drücken können. Der übrige Theil des Gestells ist von Holz und ohngefähr 6 Fufs hoch. Das ganze Werkzeug ohngefähr kostet 16 bis 24 m^g oder 8 Rthlr. Courant.

§. 33.

Den Windmesser zu Ajustiren.

Um dies Instrument zu täglichen Beobachtungen bequem zu machen, müssen die Flügel so gestellt werden, dafs sie genau so geschwind als der Wind gehen. Ich stelle sie zuerst in Gemäfsheit des 18. §. auf einen Winkel der grösser als 45 Grad und zwar circa 48 Grad; lege
als-

alsdann die Axe mit den Ruthen in der §. 25. (Fig. 8.) erwähnten Gabel und bewege den Stab in stillen Wasser 200 Fufs fort, alsdann müssen die Flügel $\frac{200}{10} = 20$ Umläufe machen, findet man mehr, so wird der Winkel etwas kleiner gemacht, findet man weniger, so wird er grösser gemacht, und diese Stellung wird so lange wiederholt, bis man genau die Zahl der Umläufe trifft; wobei man den einen Flügel, der bei dem Anfange der Bewegung oben steht, sich merken und darauf achten muss, dass eben derselbe am Ende der Bewegung wieder genau oben kommt, damit nicht $\frac{1}{4}$ Umlauf oder mehr verlohren gehe. Die Bewegung wird übrigens langsam und ordentlich gemacht, um den Einfluss der Trägheit beim Anfange und Ende der Bewegung zu verhüten, auch werden die Flügel in Oel getränkt, die Cohäsion zu mindern. Hat man die Flügel richtig gesetzt, so legt man die Axe auf ihr ordentliches Gestell und bemerkt auf der kleinen Scheibe I, auf welcher die Winkel verzeichnet sind, sich genau die Richtung, auf welcher die Flügel stehen, damit wenn nachher durch einen Stoss oder Zufall ein oder mehr Flügel verrückt würden, man nicht nöthig habe, den Versuch zu wiederholen, sondern mit einem Blick auf der Scheibe, über welche die Flügel einer nach den andern gerichtet werden, sie regulieren könne.

Die Flügel meines Windmessers stehen auf $48\frac{1}{2}$ Grad.

§. 34.

Die Geschwindigkeit des Windes zu beobachten.

Der Beobachtungs-Ort muss einen freien Horizont haben und allenfalls etwas über die Plaine des Landes erhaben sein. An einer vorhandenen Windfahne oder auch nach der Methode des 31. §. erkennt man die Richtung des Windes, und setzt die Axe des Anemometers genau in den Wind. Alsdann stellt man die Scheibe so, dass der Index auf Null weist, während dieses laufen die Flügel beständig um. Man nimmt darauf eine Secunden-Uhr oder auch $\frac{1}{2}$ Minuten-Glas in der einen und den Faden des Windmessers in der andern Hand; und in den Augenblick, da die $\frac{1}{2}$ Minute anfängt, zieht man den Faden an, wodurch die Scheibe in Bewegung kömmt. Man hat das Auge beständig auf die Uhr oder das Glas gerichtet, und hält mit der Hand den Faden straf angezogen, bis die $\frac{1}{2}$ Minute verflossen ist, wo man ihn plötzlich los lässt. Man sieht dann nach dem Zeiger der Scheibe und notirt die Zahl der Umläufe. Dann stellt man die Scheibe wieder auf Null und wiederholt die Beobachtung noch ein oder zweimal, aus allen Dreien nimmt man nachher das Mittel. Ich setze die gefundenen Zahlen

der Umläufe a, b und c, so ist das Mittel $= \frac{a + b + c}{3} = m$; und die Geschwindigkeit in einer Secunde ist $\frac{m \cdot 10}{30} = \frac{m}{3}$ Fufs. Eine Person kann die Beobachtung bei diesen Instrumenten selbst im Sturm bequem genug bewerkstelligen, dahingegen die Windstossmesser nicht

selten 2 bis 3 Personen zur Beobachtung erfordern.

§. 35.

Unter

Resultate der täglichen Beobachtung des Windes zu Cuxhaven im Jahr 1789.

	S		SW		W		NW		N		NO		O		SO		Stille	größte Ge- schwinde,
	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Tage	Fuhs	Fuhs	in Tagen
Jan.	6 $\frac{1}{8}$	18,7	5 $\frac{3}{8}$	16,9	4 $\frac{1}{8}$	19,0	8 $\frac{5}{8}$	21	1 $\frac{1}{8}$	9,3	1 $\frac{7}{8}$	7,7	4 $\frac{3}{8}$	17,6	5 $\frac{7}{8}$	14,2	1 $\frac{1}{2}$	43. OSO
Febr.	3	27,5	5 $\frac{1}{4}$	19,7	8 $\frac{3}{4}$	19,5	4 $\frac{1}{4}$	21,8	$\frac{3}{4}$	10	1 $\frac{5}{8}$	15,1	1 $\frac{1}{2}$	8,2	2 $\frac{7}{8}$	18	0	37. WSW
Mart.	1 $\frac{1}{8}$	5	$\frac{1}{4}$	0	$\frac{1}{4}$	0	3 $\frac{1}{8}$	9,4	3 $\frac{7}{8}$	8,4	7 $\frac{7}{8}$	12	10	12,3	2 $\frac{3}{4}$	8,5	1	22. O
April	2	24	3 $\frac{1}{2}$	18,2	4 $\frac{5}{8}$	18,7	7	11,8	3 $\frac{3}{4}$	7,6	2 $\frac{3}{8}$	6,3	3 $\frac{1}{2}$	10,5	2 $\frac{1}{2}$	11,4	$\frac{1}{2}$	32. W
May	2 $\frac{3}{8}$	13	1 $\frac{1}{4}$	8,4	4 $\frac{3}{4}$	12	6 $\frac{1}{4}$	10,3	3 $\frac{1}{2}$	8,6	1 $\frac{1}{2}$	13,3	7 $\frac{3}{8}$	11,8	2 $\frac{3}{4}$	11,6	$\frac{3}{4}$	22. ONO
Juny	2 $\frac{3}{4}$	10,3	1 $\frac{1}{4}$	12,6	5	12,8	7 $\frac{5}{8}$	17,4	2 $\frac{3}{8}$	7,2	1	7,5	6 $\frac{3}{8}$	14,7	7 $\frac{7}{8}$	12,5	2	25. NW
July	3 $\frac{1}{2}$	11,0	4 $\frac{3}{8}$	18,3	3 $\frac{3}{8}$	13,8	7 $\frac{7}{8}$	23,5	3 $\frac{7}{8}$	17,7	1 $\frac{1}{4}$	9,2	2 $\frac{7}{8}$	15,2	1 $\frac{3}{8}$	8	1 $\frac{1}{2}$	35. NW
Aug.	1 $\frac{1}{2}$	8,7	1 $\frac{1}{8}$	8,0	2 $\frac{3}{8}$	24,3	7 $\frac{5}{8}$	23,8	5 $\frac{3}{8}$	20,1	1 $\frac{3}{4}$	13	8	11,9	2 $\frac{3}{4}$	19,5	1	42. WNW
Sept.	4	10,2	5 $\frac{1}{2}$	19,1	10 $\frac{5}{8}$	21,6	4 $\frac{1}{2}$	24,6	1 $\frac{3}{4}$	33,3	$\frac{3}{4}$	0	1 $\frac{7}{8}$	8	1	0	0	56. NNW
Octob.	8	16,8	3 $\frac{1}{2}$	20,6	1 $\frac{3}{4}$	21,5	0	0	1	8,0	1 $\frac{3}{8}$	4	6 $\frac{1}{4}$	20,9	7 $\frac{3}{8}$	16,	1 $\frac{1}{2}$	28 WSW
Nov.	8 $\frac{1}{2}$	13,5	5 $\frac{7}{8}$	13,9	2 $\frac{1}{4}$	21,2	2 $\frac{1}{2}$	21,6	1	9,0	3 $\frac{1}{8}$	20,3	2 $\frac{3}{8}$	21,2	2 $\frac{1}{8}$	11,7	1 $\frac{1}{4}$	34 WSW
Dec.	5 $\frac{1}{8}$	15,4	14	20,5	9 $\frac{1}{8}$	24,1	7 $\frac{7}{8}$	27	$\frac{1}{2}$	22	0	0	0	0	7	7	$\frac{1}{2}$	34 WSW
Total	48 $\frac{3}{4}$	14,5	52 $\frac{1}{2}$	16,0	57	19.	52 $\frac{3}{4}$	19,3	29 $\frac{1}{8}$	13,4	25 $\frac{1}{4}$	10,9	54 $\frac{1}{2}$	13,9	33 $\frac{7}{8}$	12,6	11 $\frac{1}{4}$	

Unter jedem Winde find zwei Abtheilungen; in der ersten steht die Zeit in Tagen, welche der obenstehende Wind geweht hat; in der zweiten steht die mittlere Geschwindigkeit desselben oder wie viel Fuß Hamb. derselbe Wind in 1 Sec. im Durchschnitte genommen, fortgegangen. Bei Reflectionen die sich über dergleichen Tabellen, insonderheit wenn man sie von mehrern Jahren hat, anstellen lassen, darf ich mich hier nicht aufhalten; ich wollte nur eine Probe vom Gebrauche dieses Instruments geben. Wie dasselbe zur Berechnung des Stosses des Windes, des Effects aller Maschinen die durch Wind getrieben werden, zu gebrauchen ist, erlaubt meine gegenwärtige Absicht nicht, durch Beispiele zu erläutern. Vielleicht findet sich ein andermal Zeit und Gelegenheit dazu. — Schiffer und Windmüller mögen dies Werkzeug vielleicht auch mit Nutzen gebrauchen können, um nach der Geschwindigkeit des Windes ihre Segel und Windbretter jedesmal zu reguliren.

§. 36.

Beschreibung des Strommessers. Fig. II.

Die Axe A B mit den beiden Ruthen und Flügel sind alle von Stahl und in einen Stücke verbunden; die Einrichtung mit der Scheibe und beweglichen Lager, worin dieselbe läuft, ist so wie beim Windmesser (§. 32.); damit jedoch die Scheibe durch den Stoss des Wassers nicht etwa gehoben werde und sich verrücken könne, so ist bei i eine messingne Feder an dem einen Rahmstücke befestiget, welche das Lager niederdrückt, dergestalt, daß es nur durch eine starke Anziehung des Faden e f k gehoben wird, und durch Nachlassung desselben plötzlich niederfällt. Die ganze Einfassung oder der Rahmen ist übrigens von rundem Eisen, damit das Wasser so wenig als möglich darauf stoßen möge. An dem hintersten Rahmstücke, l m, sind zwei Klauen, mit welchen das Instrument an sein Gestelle, P Q, befestiget wird. Dieses ist ein runder eiserner Stab, der mit dem Fuß Q, auf dem Grund des Stroms steht, mit dem Kopfe über die Oberfläche des Wassers hervorragt, und in verschiedenen Entfernungen festgelöthete messingne Ringe n n hat, in welchen die Schnur hinaufgeht. Die Stärke und Länge dieser eisernen Stange richtet man nach der Geschwindigkeit und Tiefe des Stroms in welchen die Versuche anzustellen sind. Allenfalls können mehrere Stangen an einander geschoben werden. In manchen Fällen kann man mit einem hölzernen Stabe auskommen. Das Instrument wird nun an jeder beliebigen Stelle des Stabes befestiget, indem man die Klauen öffnet, um den Stab schiebt, und demnächst einen Schraubbolzen R, durch die beiden Federn der Klaue steckt, womit diese angezogen und um den Stab beklemmt werden. Das Instrument, ohne die eiserne Stange, kostet etwa 1 Louisd'or. Die Adjustirung der Flügel geschieht eben so, wie beim Windmesser (§. 33.); nur muß die Vorsicht gebraucht werden, daß der Mechanikus, oder Kleinschmidt, welcher das Instrument macht, die Flügel schon beinahe richtig gesetzt und nur noch ein wenig zu corrigiren sei, welches man leicht bewerkstelliget, indem

man

man die Flügel zwischen zwei glatte Bretter faßt, und die Ruthen etwas dreht. Wenn solchergestalt alles präparirt ist, so läßt man das Instrument neben einer Schaloupe, Brücke oder Schleuse, in den Strom hinab und stellt es genau in des Stroms Richtung, die an dem Schaum auf der Oberfläche leicht erkannt wird; oder falls man wegen Unregelmäßigkeiten des Strombrettes etwa fürchten müßte, daß der Strom in der Tiefe eine andere Richtung als an der Oberfläche hätte, so läßt sich nahe unter oder über dem Instrument ein Steuerbrett, oder Fahne, p q r s, appliciren, welche das Instrument indem es hinuntergesenkt wird, jederzeit in der Richtung des Stroms erhält. Oder man kann mit einem besondern Stab und Fahne die Richtung des Stroms vorher untersuchen, und danach das Instrument stellen. Wenn solchemnach das Instrument richtig gesetzt und alles zur Beobachtung fertig ist, so zieht man den Faden straf an und nachdem man ihn $\frac{1}{2}$ oder 1 Minute lang gehalten, läßt man ihn los, hebt das Instrument hervor, und zählt die Umläufe. Wie aus der Zahl der Umläufe in jedweden Fall die Geschwindigkeit des Stroms geschlossen wird, das will ich nun durch ein Beispiel erläutern.

§. 37.

Die Ruthe meines Strommessers vom Mittelpunkt der Axe bis zu Ende des Flügels ist 7 Zoll; die Flügel sind 3 Zoll breit und 2 Zoll hoch, der Abstand des Flügels von der Axe ist demnach 5 Zoll. Um den Wehrt von Z (§. 17.) oder den Halbmesser der Umlaufsbewegung, in der oben berechneten Tafel zu finden, setze ich 7 giebt 10 was 5? und finde $7\frac{1}{2}$. Daß also bei meinem Strommesser wenn $a = 10$ alsdann $b = 7\frac{1}{2}$ ist, folglich der Fall Nr. 4 hieher gehört, wo $Z = 8,56$ oder $= 8,59$ nach der VI und VIII Spalte ist, aus welchem ich das Mittel (§. 26.) $= 8,575$ nehme und setze $\frac{10 + 7}{2}$ giebt 8,575 was $\frac{7 + 5}{2}$? Antwort: 6,05; und dieses letztere ist der eigentliche Wehrt des zu berechnenden Halbmessers in Zollmaße, dies doppelt genommen ist $= 12,10$ Zoll $= 1,008$ Fufs $=$ dem Diameter des Strommessers. Jeder Umlauf ist demnach $= 3,14. 1,008 = 3,165$ Fufs. Und für m Umläufe in n Secunden Zeit hat man $\frac{m}{n} 3,165$ Fufs als die Geschwindigkeit des Stroms.

Woferne nun die Ruthen und Flügel andere Abmessungen hätten, so wird man nach eben diesem Beispiele verfahren können, um in der §. 17. mitgetheilten Tafel den Halbmesser der Umlaufsbewegung bei jedem Instrument zu finden. Wer dieser Rechnung ganz überhoben sein wollte, der kann auch folgendergestalt ganz practisch verfahren. Vorausgesetzt, daß die Flügel auf ohngefähr 45 bis 50 Gr. stehen sollen, so kann man nun entweder den Durchmesser des Instruments willkürlich annehmen, und bei Adjustirung nach der Methode §. 33. untersuchen, wie groß ein Umlauf ausfalle; oder man kann auch die Größe eines Umlaufs willkürlich annehmen und danach die Größe des Instruments einrichten. Ich setze ein Umlauf

soll 6 Fufs sein und sage wie $314 : 100 = 6$ und finde ohngefähr 2 Fufs als den Durchmesser des Instruments. Ich setze also die Länge der Ruthen von der Axe bis zum Mittelpunkt der Flügel 1 Fufs. Ich messe nun eine Distanz von etwa 204 Fufs am Ufer eines stillen Wasser ab, führe das Instrument darinnen fort und bemerke die Zahl der Umläufe, die alsdann $\frac{204}{6} = 34$ sein muss, findet man weniger oder mehr, so muss der Flügel Neigungswinkel grösser oder kleiner gemacht werden. Wem es gleichgültig ist, ob jeder Umlauf genau eine bestimmte Anzahl Füsse oder etwas weniger oder mehr halte, der kann das mühsame und verdrießliche ajustiren der Flügel sich ersparen. Z. B. ich setze die Flügel genau auf 45 Gr., führe das Instrument in dem erwähnten Fall 204 Fufs fort und finde nach verschiedenen Wiederholungen im Durchschnitte $32\frac{1}{4}$ Umlauf, so ist jeder Umlauf $\frac{204}{32\frac{1}{4}} = 6,32$ Fufs. — Nur in dem einzigen Falle, wenn man verlangen wollte, dass die Flügel genau auf bestimmte Grade stehen und zugleich die Umläufe eine bestimmte Grösse haben sollten, ist eigentlich eine Rechnung wie die erst angeführte nach den genauen Wehrten von Z nothwendig. Da aber dergleichen Rechnungen doch nie mit der Erfahrung genau zutreffen, vielmehr bei jedem Instrumente anders sein wird, so kann sie uns nur zum ohngeföhren Leitfaden dienen und es beruhet eigentlich ganz allein *auf richtige Adjustirung der Flügel, auf richtige Bestimmung der Zeit und richtige Zählung der Umläufe* die Zuverlässigkeit und Richtigkeit der Beobachtung sowol beim Wind- als Strommesser. In Ansehung der beiden letzten Punkte bemerke ich noch, dass es am besten ist, die *Zeit* nach einer Secunden-Uhr zu zählen; nur bei täglichen Beobachtungen des Windes kann man mit Sandgläser die $\frac{1}{2}$ oder 1 Minute laufen, wol auskommen; doch müssen sie vorher nach einer Secunden-Uhr geprüft werden, weil selten die Gläser welche man unter den Nahmen $\frac{1}{2}$ Minuten- oder ganze Minuten-Gläser gewöhnlich kauft, genau 30 oder 60, vielmehr oft 28, 31, 56, 62 u. s. w. Secunden halten. Diese Fehler müssen dann in Rechnung gebracht und die Zeit nicht grösser oder kleiner als sie wirklich ist, angesehen werden. Was die *Zahl der Umläufe* betrifft, so kann man vermöge der Einrichtung des Instruments dabei höchstens $\frac{1}{2}$ Umlauf fehlen. Jeder Zahn der Scheibe bezeichnet nämlich einen Umlauf; fällt nun der letzte Zahn am Ende der Beobachtungszeit mit seiner Spitze genau auf die Spitze des Zeigers h, (Fig. 10.) so kann die Scheibe um die halbe Zahnbreite vorwärts oder rückwärts gleiten, und man bekommt in der Aufzählung $\frac{1}{2}$ Umlauf zu viel oder zu wenig. In allen übrigen Fällen, wo der Index zwischen zwei Zähne fällt, ist die Ungewisheit geringer und wird = 0 wenn der Zeiger genau in die Mitte fällt. Woferne nun die Ruthen beträchtlich lang sind und ein halber Umlauf nicht aus der Acht zu lassen ist, so hat man zweierlei Mittel den etwanigen Fehler so sehr als man will, zu mindern: entweder man verlängert die Beobachtungszeit und häuft die Zahl der Umläufe, so dass $\frac{1}{2}$ Umlauf unbeträchtlich wird; oder man wiederholt die Beobachtungen und nimmt aus verschiedenen das Mittel, wo alsdann das etwa-

nige

nige + und — einander aufheben (auch könnte man endlich den Durchmesser des Instruments oder die Länge der Ruthen nach Willkühr kleiner nehmen, wodurch dann die Umläufe selbst kleiner und unbeträgtlicher werden). Ich denke solchemnach werde jeder, der nur einigermaßen gewandte Hände und geübte Augen hat, mit diesem Instrumente so genau beobachten können, daß mit einigen Grunde kein Zweifel dagegen erhoben werden könne. — Resultate von einigen Beobachtungen, welche mit diesem Strommesser zu Cuxhaven auf dem Elbestrom sind angestellt worden, werde am Ende dieser Abhandlung mittheilen.

§. 38.

Ich habe den Strommesser so eingerichtet, wie es für große und tiefe Ströme mir am brauchbarsten schien. In kleinen Bächen und Wasserleitungen dürfte der Durchmesser des Instruments von 1 Fuß auf ohngefähr $\frac{1}{2}$ Fuß herabzusetzen sein. Ebenfalls müssen Ruthen und Flügel kleiner sein, wenn in den Wasserrinnen bei Fabriken und Mühlen beobachtet werden soll; und da in diesen Fällen oft nur ein dünner Stral aber mit desto größer Geschwindigkeit fließt, so wird man überdem vielleicht genöthiget sein, eine größere Scheibe mit mehrern Zähnen auf der Peripherie zu nehmen, damit man in der bestimmten Zeit mehr Umläufe zählen könne, ohne daß die Scheibe ein oder mehr male ganz umlaufe, wodurch leichte Irrungen entstehen könnten. Es versteht sich aus dem vorhergehenden, daß wenn das Wasser an einer schiefen Fläche, wie in den Gerinnen herunterfließt, alsdann der Stab, an welchen das Instrument rechtwinklicht befestiget ist, ~~nicht horizontal, sondern~~ senkrecht auf den Boden des Gerinnes stehen müsse, damit die Axe parallel mit dem Wasserstral liege. — Ich erinnere noch, daß Ströme, die Ebbe und Fluth halten, ihre Geschwindigkeiten alle Augenblicke ändern; will man demnach hier die Geschwindigkeiten in verschiedenen Tiefen mit einander vergleichen, so müssen zwei gleiche Instrumente an einer Stange befestiget und beide Versuche gleichzeitig bewerkstelliget werden. — Will man die Geschwindigkeit der Meersströme beobachten, in Gegenden wo kein Ankergrund zu finden, so geschieht dies auf die gewöhnliche Weise am besten bei stillem Wetter, wo man in der bei sich führenden Schaloupe umgehen kann. Man legt die Schaloupe vor einen Treibanker, oder auch vor einen eisernen Topf oder Kessel, welchen man auf einige 100 Fuß tief ins Meer hinabsinkt, — in einer Tiefe z. B. von 2 bis 300 Fuß ist vielleicht kein Strom mehr. — Dieser Treibanker, der aus einem Stücke Segeltuch besteht, oder der Kessel hält die Schaloupe, daß sie von dem Strom an der Oberfläche nicht fortgeführt werde; und man kann also den Strommesser neben dem fast unbeweglichen Fahrzeuge in den Strom halten und dessen Geschwindigkeit untersuchen.

§. 39.

Noch eine sehr nützliche Anwendung, dünkt mich, könnte von diesem Strommesser bei der Schifffahrt gemacht werden. Der gewöhnliche Log, dessen man sich bedient die Fahrt
des

des Schiff's zu messen, ist zu diesem Gebrauch sehr fehlerhaft. Der hölzerne Triangel, welcher ins Wasser gesenkt wird, hat keine Stabilität; die daran befestigte Schnur ist Ausdehnungen unterworfen; krümmt sich auch nach der wellenförmigen Oberfläche des Wassers und mißt nicht die eigentliche Entfernung des Logs vom Schiffe; wenn ein lebhafter Wind weht und man des Logs am meisten bedarf, so kann er wegen der starken Abweichung der Loglinie durch den Stofs des Windes, fast gar nicht gebraucht werden. Zwar hat man eins und anderes zur Verbesserung dieses Werkzeugs gethan, welches hier anzuführen Zeit und Zweck mir nicht erlauben; aus eben dieser Ursache und weil auch mir die Manövrirung des Schiff's zu wenig bekannt ist, kann ich nicht vorschreiben, wie sich dies neue Instrument als *Fahrtmesser* werde appliciren lassen, nur dünkt mich, dafs es sich am Leybord des Schiffes jedesmal so befestigen ließe, dafs ein einziger Mann die Observation bequem bewerkstelligen könnte, dahingegen die Loglinie zwei bis drei Personen erfordert. Aber je mehr Personen zu einer Beobachtung gebraucht werden, je unzuverlässiger ist gewöhnlich das Resultat. Ich will kürzlich bemerken, was für Abmessung das Instrument haben müsse, um zu diesem Gebrauche bequem zu sein. Man nenne solche Meilen, die 1 Minute des Erdkreises halten, oder wovon $60 = 1$ Gr. kleine Seemeilen; und setze jede dieser Meilen $= 6000$ Fufs, welche *Seefüße* heißen können; so wird der Fahrtmesser am bequemsten sein, wenn jeder Umlauf 6 Seefufs hält. Ein solcher Seefufs ist etwas kleiner als der Rheinländische, und verhält sich zu diesem, wie $197 : 200$ oder 6 Seefufs $= 5,91$ Rheinl. Fufs. Der Durchmesser des Instruments, das heißt die Ent-

Des Mittelpuncts des einen Flügels

fernung von dem Mittelpunct des andern, wird demnach $= \frac{5,91}{3,14} = 1,88$ Fufs rheinl. $= 2$

Fufs hamburg. ohngefähr. Wenn demnach der nach §. 33. und 37. ajustirte Fahrtmesser in $\frac{1}{2}$

Minute in Umläufe giebt, so segelt das Schif $\frac{m. 6. 120}{6000} = \frac{m. 12}{100} = m. 0,12$ kleine Seemeilen

oder Minuten des größten Kreisbogens in 1 Stunde; eine sehr leichte Berechnung die jeder im Kopfe vornehmen kann. Wie die Einrichtung und Befestigung des Instruments an Bord des Schiff's zu bewerkstelligen sei, überlasse, wie gesagt, den Einsichten und Fleiße geschickter Seeleute. —

§. 40.

Des Herrn Brünings eigene Beschreibung seines verbesserten Strommesser.

S. Tab. 3.

(Aus dem holländischen Manuscript übersezt.)

„Nach vielen fruchtlosen Bemühungen ist es mir endlich geglückt, ein Werkzeug zusammen zu setzen, welches, wie bald näher erhellen wird, der Absicht vollkommen entspricht.“

spricht. *) Die 14. Fig. stellt den vornehmsten Theil oder den eigentlichen Strommesser vor. A B C ist eine Kupferplate in Quadrat, jede Seite 6 rheinl. Zoll haltend, welche bei dem Versuche rechtwinklicht gegen den Strom steht, und durch denselben zurückgestoßen wird, doch so, daß die Plate eine unveränderte sich selbst parallele Lage behält. Zu dem Ende ist an der Plate Rückseite, im Schwerpunkte, ein festgeschrobener viereckigter kupferner Stab, a b, lang $9\frac{1}{2}$ Zoll, dick $\frac{7}{16}$ Zoll, versehen mit dem rechtwinklichten Ellbogen, b c, von $2\frac{1}{16}$ Zoll, woran ein gethartes dünnes Tau befestiget ist, welches in gerader Richtung über die Scheibe E, geht. — Ein zweiter kupferner Stab, d e, lang $5\frac{7}{16}$ Zoll, breit $\frac{1}{4}$ Zoll, hoch $\frac{7}{8}$ Zoll, ist fest verbunden mit dem länglichen Stück Kupfer, F G H, und versehen mit dem rechtwinklichten Ellenbogen e, welcher in einen Bügel die eben erwähnte Scheibe, E, trägt. An Ende dieses unbeweglichen Stabes bei f, wie auch an den Stück Kupfer F G H, bei g, sind kleine horizontale und verticale Rollen gemacht, längst welchen erst erwähnter beweglicher Stab, a b, abgleitent sich bewegt. Auf der Oberseite des unbeweglichen Stabes ist eine kupferne Scheer oder Streben unterm Winkel von 45 Gr. bei h festgeschoben, um dadurch alle Ausweichungen zu verhindern und das Werkzeug ungeachtet der starken Zugkraft über die Scheibe E, in rechtwinklichten Zustande zu erhalten. Durch die Schrauben i k und l wird dieser Apparat an der gezahnten Stange, I I I, von Mahagony-Holz festgeschoben. Diese Stange ist an eine Seite platt, an der andern dreieckigt. Ihre Stärke beträgt von hinten $1\frac{1}{2}$ Zoll, von vorn $\frac{2}{3}$ Zoll. Die Breite der platten Seite, ohne die Zähne, beträgt 1 Zoll. Die Zähne sind von Mittel zu Mittel 1 Zoll entfernt. Die Länge der gezahnten Stange ist 5 Fuß, außer noch am Ende desselben eine Lippe von ohngefähr 5 Zoll lang, an deren innern Seite ein kupfernes Stäblein befestiget, welche am äußern Ende mit einem Wiederhacken versehen ist. Eine eben dergleichen gezahnte Stange, welche an einen Ende eine Lippe oder Stäblein, an der andern eine kupferne viereckigte Büchse, lang 5 Zoll und von derselben Dicke als die Stange hat, wird an die erste gefügt, indem die Lippe von der ersten Stange in die Büchse des zweiten gesteckt wird. Auf die Weise fügt man währenden Versuchen eine Stange an die andere, nach Maafsgabe der durch vorhergegangne Sondirung befundene Tiefe des Stroms. Bei dem Strommesser dessen ich mich bisher bedient habe, sind 8 solche Stangen welche eine Länge von 38 Fuß betragen.

Das Werkzeug, so, als ich dasselbe bisher beschrieben habe, wird an einen eichenen oder führnen Pfal A B B c c (Fig. 15.) dermaassen gefügt, daß die Scheibe, E, (Fig. 14.) mit ihrem Bügel ihren Platz in einer dazu geschickten Falze des erwähnten Pfals von 2 Zoll tief findet. An der andern oder Vorderseite des Pfals ist zugleich eine Falze von der Größe der

*) Anmerk. Es hat in Ansehung seiner Wirkung viele Aehnlichkeit mit dem bekannten Windmesser von Bonguer. Der Abt Ximenes scheint auch davon die Idee von einer sich selbst parallelen schiebenden Plate (Nouve Sperim. Idraul. p. 181) entlehnt zu haben. Er hat es übrigens meines Wissens nicht gebraucht, viel weniger die Werkzeugmäßige Einrichtung angegeben.

der Stange, worin die gesetzt wird, daß solchergestalt das Werkzeug längst dem Pfale frei auf und nieder kann geschoben werden. Und weil die Scheibe E mit dem Tau und daran geknüpften Kette in der hintersten Falze ganz verborgen ist, so ist dieselbe gegen den Einfluß des Stroms beschirmt; so wie anderseits die dreiseitige Gestalt der gezahnten Stange in ihrer Falze verursacht, daß dieselbe nicht durchbiegen oder ausweichen kann, wie hoch sie auch an einander gefügt sei. Die 15. Fig. zeigt die Zusammenfügung des Instruments mit dem Pfale, da man inzwischen von der hier unsichtbaren Vorderseite noch einen Theil der gezahnten Stange, 11, oben hervorstecken sieht. Diese Vorderseite des Pfals mit der Stangenfalze sieht man in der 16. Fig. — Oben auf den Pfal wird ein Stück, k l M N, (Fig. 16.) von gleicher Schwere, lang 15 Z. an der Vorseite versehen, mit eben dergleichen Stangenfalze, und festgemacht mit zwei eiserne Schienen, wovon die eine, m n zu sehen: und weil das Stück nicht eher aufgesetzt wird, bis der Pfal im Wasser steht, und der Strommesser daran gefügt ist, so ist es am besten, die Schienen mit hölzernen Schrauben anzuschrauben, welche am Kopfe mit platten und breiten Handhaben versehen sind, an welchen sie getragen werden. — An der obern Seite dieses Stücks, recht vor der Falze ist eine kupferne Lanterne O P, von 6 Triebstöcken, befestiget, welche ein jeder in einen Zahn eingreifen, so daß eine Umdrehung des Getriebes ein Auf- oder Niedergang der gezahnten Stange von 6 Zähne = 6 Zoll, beträgt. — Um ferner mit Bequemlichkeit wahrzunehmen, wie viel die Stofsplate unter die Oberfläche des Stroms hinabgelassen oder erhoben sei, ist auf der Fläche der Lanterne eine Zeiger-Plate P, deren Umkreis in 6 gleiche Theile getheilt ist, befestiget, auf welcher ein Weiser (der durch Mittel einer Stiefschraube auf jeden Theil unbeweglich kann gesetzt werden) den Auf- und Niedergang des Strommessers A B C D (Fig. 15.) in Zollen anweist, indem man nur allein bemerkt, auf welchen Theil der Weiser steht, wenn die obere Seite des Strommessers mit der Oberfläche des Wassers gleich ist. Die andere Fläche der Lanterne ist mit Zähnen versehen, worin ein Hacken o p, faßt, und den Rücklauf des Getriebes hindert, wodurch also der Strommesser auf jeder gegebenen Höhe gehalten wird. — Das Getriebe wird übrigens durch die Kurbel R Q, bewegt, wie die Figur von selbst anzeigt.

Auf der Hinterseite des Stücks, k l M N ist ein Brett S T U V (Fig. 15. und 16.) festgeschoben, welches dienet die Schnellwaage w x (Fig. 15) mit ihrem Zubehör zu tragen. Diese Schnellwaage hat eine messingne Unterlage und einen Zeiger mit Zeigerplate, welche dienet den horizontalen Rand, und bei etwanigen Oscillationen, das Mittel genau wahrzunehmen. Die Weiserplate hängt an einem Hacken, und wird überdem durch die Schraube x auf dem Brette unbeweglich festgehalten. — Um die Kette des Strommessers auf jeder gegebenen Höhe befestigen zu können, hängt an den kurzen Arm der Schnellwaage ein kupferner Kneifer g r, welcher Fig. 17. besser zu sehen, und an der innern Seite der Lippen zwei gegen überstehende Spitzen um die Kette desto besser zu fassen. Der kupferne Stift y, welcher

cher mit einer kleinen Kette an der Wage hängt, dienet dieselbe in einen unbeweglichen horizontalen oder geneigten Stand zu setzen. An den langen Arm der Wage sieht man außer der Schale, in welcher die Gewichte gelegt werden noch ein klein Gewicht z, welches zum Gegengewicht der Kette, nach Maaße ihrer Länge und Schwere gebraucht wird.

Aus dieser Beschreibung, (welche ich um mehr als einer Ursache willen geglaubt habe, einigermaßen ausführlich mittheilen zu müssen,) wird man hoffentlich das Spiel und Augenmerk, und damit die Art der Beobachtung mit diesem Werkzeug ohne Mühe begreifen. — Die Stofsplate, A B C D nämlich, wird gegen den Strom gekehrt, und der Wage kurzer Arm wird mit dem Stifte y in einer untern horizont geneigten Lage befestiget, so daß der Zeiger auf 4 steht, welchenfalls er mit der lothrechten Linie, oder der Wagbalken mit der Horizontallinie, einen Winkel von 40 Gr. machen wird. Hierauf ziehe man die Kette an, ohne jedoch die Plate merklich gegen den Strom zu bewegen, und mache sie in diesem Stande fest zwischen den Kneifer, q r. Ist hierauf der Stift weggenommen, so wird die Stofsplate durch Anziehung der Kette ein wenig gegen den Strom bewegt, um die erste Reibung und Trägheit zu überwinden. Darnach sucht man das Gegengewicht, wodurch der Wagbalken nach einigen Oscillationen auf eine beträchtliche Zeit in horizontalen Stand erhalten wird. Dies Gegengewicht ist dann zuverlässig der Kraft des Stroms gleich.“

So weit die Beschreibung des Herrn Brünings, welcher nun aus den solchergestalt gefundenen, und wegen verschiedener Reibung und Drückung corrigirten Gewichten, die Geschwindigkeiten berechnet, nach der gewöhnlichen Regel: daß der senkrechte Wasserstoß gleich sei, dem Gewicht einer Wassersäule von eben der Grundfläche als die Stofsplate, und von der Höhe, welche der Geschwindigkeit des Stroms zugehörigen Höhe gleich ist. Einige Versuche, welche Hr. Br. zur Prüfung des Instruments angestellt, scheinen die Wahrheit der erwähnten Regel und zugleich die Brauchbarkeit seines Strommessers zu bestätigen. M. f. folgendes Täflein:

	Berechnete Geschwin- digkeiten nach dem Strommesser.		Observirte Geschwin- digkeiten durch schwim- mende Sachen.	
	Zoll.		Zoll.	
Der Mit- telpunkt der Stofs- Plate un- verändert 1 Fuß un- ter der Oberflä- che.	46,08	. . .	41,34	
	46,87	. . .	41,96	
	46,87	. . .	39,63	
	47,76	. . .	40,75	
	46,08	. . .	40,37	
	46,08	. . .	40,37	
	46,87	. . .	40,37	
	47,76	. . .	41,96	
	46,87	. . .	42,77	
	46,08	. . .	40,00	
	46,08	. . .		
	46,87	. . .	40,90	
	46,69	. . .	40,90	

Resultate von verschiedenen Beobachtungen, welche mit dem hydrodynamischen Strommesser des Herrn Brünings auf dem Nieder-Rheinstrom; und mit einem hydrotachischen Strommesser auf der Unter-Elbe zu Cuxhaven sind angestellt worden. Nebst einigen Reflectionen über diese Resultate.

Rheinstrom in Geldern in 3 verschiedenen Perpendicularen von 14; 15 und 13½ Fuß Tiefe.

Zahl der Beobachtungen.	Tiefe unter der Oberfl.	Geschwindigkeit.						
	Fuß rheinländ.	Fuß rheinländ.						
1	$\frac{1}{2}$	4,45	30	$1\frac{1}{2}$	4,57	59	$1\frac{1}{2}$	4,62
2	1	4,51	31	2	4,62	60	2	4,62
3	$1\frac{1}{2}$	4,57	32	$2\frac{1}{2}$	4,57	61	$2\frac{1}{2}$	4,62
4	2	4,45	33	3	4,51	62	3	4,29
5	$2\frac{1}{2}$	4,39	34	$3\frac{1}{2}$	4,51	63	$3\frac{1}{2}$	4,40
6	3	4,45	35	4	4,51	64	4	4,45
7	$3\frac{1}{2}$	4,34	36	$4\frac{1}{2}$	4,39	65	$4\frac{1}{2}$	4,51
8	4	4,22	37	5	4,57	66	5	4,51
9	$4\frac{1}{2}$	4,22	38	$5\frac{1}{2}$	4,39	67	$5\frac{1}{2}$	4,51
10	5	4,29	39	6	4,39	68	6	4,51
11	$5\frac{1}{2}$	4,22	40	$6\frac{1}{2}$	4,51	69	$6\frac{1}{2}$	4,51
12	6	4,16	41	7	4,39	70	7	4,45
13	$6\frac{1}{2}$	4,16	42	$7\frac{1}{2}$	4,45	71	$7\frac{1}{2}$	4,51
14	7	4,11	43	8	4,57	72	8	4,39
15	$7\frac{1}{2}$	4,11	44	$8\frac{1}{2}$	4,45	73	$8\frac{1}{2}$	4,39
16	8	4,11	45	9	4,22	74	9	4,45
17	$8\frac{1}{2}$	4,16	46	$9\frac{1}{2}$	4,22	75	$9\frac{1}{2}$	4,45
18	9	4,11	47	10	4,22	76	10	4,29
19	$9\frac{1}{2}$	4,11	48	$10\frac{1}{2}$	4,22	77	$10\frac{1}{2}$	4,22
20	10	4,11	49	11	3,84	78	11	4,16
21	$10\frac{1}{2}$	4,03	50	$11\frac{1}{2}$	3,91	79	$11\frac{1}{2}$	4,22
22	11	4,11	51	12	3,77	80	12	4,03
23	$11\frac{1}{2}$	3,98	52	$12\frac{1}{2}$	3,71	81	$12\frac{1}{2}$	3,91
24	12	3,98	53	13	3,71	82	13	3,64
25	$12\frac{1}{2}$	3,98	54	$13\frac{1}{2}$	3,84	83	$13\frac{1}{2}$	3,84
26	13	3,91	55	14	3,84			
27	$13\frac{1}{2}$	3,84	56	$14\frac{1}{2}$	3,84			
Zweite Perpen diculair			Dritte Perpen diculair					
28	$\frac{1}{2}$	4,22	57	$\frac{1}{2}$	4,29			
29	1	4,71	58	1	4,57			

Elbestrom zu Cuxhaven 1ste Station seitwärts im Strom auf einer Tiefe

bei { voller Fluth 33 Fufs.
hohler Ebbe 24 Fufs.

2te Station mitten im Strom des südlichen Fahrwassers;

Tiefe bei { hoch Wasser 42 Fufs.
niedrig Wasser 33 Fufs.

Zahl der Beobachtung.	Geschwindigkeit 3 Fufs unter der Oberfläche.	Gleichzeitige Geschwindigkeit auf verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche.	Tiefe unter der Oberfläche.				
				28	4,20	3,99	
				29	4,10	3,62	13
				30	4,20	3,46	
				Zweite Station			
				Bei der Ebbe			
				31	4,88	4,36	
				32	5,35	4,62	8
				33	5,46	4,62	
				34	5,98	4,93	8
				35	6,30	5,25	
				36	6,40	5,77	
				37	6,93	6,82	8
				38	7,14	6,71	
				39	7,24	6,40	
				40	7,14	6,30	13
				41	6,51	5,88	
				42	6,40	5,67	
				43	6,19	5,46	13
				44	6,30	5,57	
				45	6,09	5,41	
				46	5,35	4,93	18
				47	4,88	4,10	
				48	4,93	4,51	
				49	5,35	4,20	18
				50	4,62	3,89	
				51	5,04	4,36	
				52	4,83	4,83	
				53	4,72	4,10	24
				54	4,72	3,67	
				55	4,83	4,20	
				56	4,72	3,57	24
				57	4,62	3,36	
				58	3,46	2,21	
				59	3,36	1,79	31
				60	3,15	1,79	
				61	2,42	1,26	
				62	2,42	1,05	30
				63	2,21	0,89	
1	6,09	4,83					
2	6,46	5,35	13				
3	6,61	5,67					
4	5,04	3,89					
5	5,04	3,96	18				
6	4,30	3,64					
7	4,41	3,36	23 und 4 Fufs übern Grund.				
8	4,51	3,36					
9	4,51	3,25					
10	4,20	3,57					
11	3,99	3,15	18				
12	3,89	3,31					
13	3,57	3,57					
14	3,99	3,89	8				
15	3,99	3,78					
16	3,46	1,89	23; 1 1/2 Fufs übern Grund.				
17	3,15	2,10					
18	3,25	1,99					
19	2,84	1,26	24; 1 Fufs übern Grund.				
20	2,73	1,36					
21	2,10	1,15					
	Bei der Fluth						
22	3,04	1,15	25; 1 Fufs übern Grund.				
23	3,57	1,79					
24	3,46	2,10					
25	4,30	2,94					
26	4,20	3,04	18				
27	3,99	3,25					

Aus diesen Beobachtungen läßt sich schon beim ersten Anblick, dünkt mich, schliessen, daß die Ströme, in welchen sie angestellt worden, von der Oberfläche gegen den Grund mit abnehmender Geschwindigkeiten fließen; daß jedoch die Geschwindigkeit nahe am Grunde nicht ganz aufhört, vielmehr nur etwas geringer als an der Oberfläche sei. Auch ist noch aus den Cuxhavener Beobachtungen (Nr. 22 bis 30) zu bemerken, daß der Fluthstrom hierin dem Ebbestrom vollkommen ähnlich sei. Nähere Betrachtungen über diese Beobachtungen können hierüber noch nähere Ueberzeugung gewähren. Zuvorderst muß ich noch anführen, daß des Herrn Brünings Versuche, die in einen beharlichen Strom angestellt worden, geschickter sind, die eigentliche Scale der Geschwindigkeiten ausfindig zu machen, wozu die meinigen, wegen der stetigen Veränderung des Stroms durch Ebbe und Fluth nicht brauchbar erachte; auch ist auch 12 Meilen in der Nähe kein Strom, in welchen ich zweckdienlichere Versuche anstellen könnte. Was die Genauigkeit der Beobachtungen anlangt, so habe bei den Meinigen einen Lehrling des Wasserbaues, Namens Joh. Georg Reepfold, und einen Zimmer-Polirer, Joh. Schmidt, beide geübte und geschickte Leute zur Assistentz gehabt, und keine Schwierigkeiten dabei angetroffen, außer wenn der Strom am stärksten war, da alsdann die lange eiserne Stange, an welcher die Instrumente befestiget waren, lebhaft zitterte, welches nicht verhindern können, auch wüßte ich eben keinen Grund, weshalb dieses Zittern die umlaufenden Flügel könnte beschleuniget oder verzögert haben. Herr Br. hat seine Versuche theils selbst, theils durch beeidigte Landmesser mit vielem Fleisse und in einer weit größeren Zahl, die in dem ~~Aweede~~^{erwähnten} Byvoegzel tot de Verhandelng over de Snelheid etc. zum Theil angeführt, theils im Manuscript vorhanden, und alle in Ansehung der Regelmässigkeit den hier aufgestellten ähnlich sind, weshalb ich mir keinen Zweifel dagegen erlaube, sondern einmal versuchen will, ob sich eine ordentliche Scale der Geschwindigkeiten aus diesen Versuchen bestimmen lasse.

§. 42.

Wenn ich 11 Reihen der Brüningschen Versuche, bei welchen allen ohngefähr einerlei mittlere Geschwindigkeit gefunden ist, zusammen, und aus denen zu einerlei Tiefe gehörigen Geschwindigkeit das Mittel nehme, so ergeben sich, mit Weglassung eines Versuchs um den andern, die beiden ersten Columnen in folgenden Taflein:

I. Tiefe

I. Tiefe unter der Oberfläche.	II. Geschwindig- keit.	III. Tiefe unter der Oberfläche.	IV. Verhältniß der Geschwin- digkeit.	V. Wehrte von x nach Hrn. Br.	VI. Wehrte von x nach Ximenes.
rheint. Fufs.	Fufs.	Fufs.		Fufs.	Fufs.
0	4,70	0	1,000	118	72
1	4,68	1,87	0,987	79	51
2	4,64	2,81	0,971	49	65
3	4,55	3,75	0,971	64	42
4	4,55	4,69	0,943	60	52
5	4,50	5,62	0,944	63	56
6	4,47	6,56	0,933	63	65
7	4,43	7,50	0,940	53	71
8	4,33	8,44	0,933	52	55
9	4,27	9,37	0,911	51	61
10	4,21	10,31	0,911	45	54
11	4,08	11,25	0,890	39	51
12	3,90	12,19	0,874	39	51
13	3,83	13,12	0,862		50
		14,06	0,848		66
		15,00	0,780		
			Mittel	59,6	57,5

In der 3ten und 4ten Spalte dieser Tafel steht eine Reihe Versuche, welche von dem berühmten Ximenes im Jahr 1780 auf dem Arno, gerade in der Absicht sind angestellt worden, um die Scale der Geschwindigkeiten natürlicher Ströme zu erforschen. Er hat sich dazu gleichfalls eines hydrodynamischen Werkzeugs bedient, jedoch von ganz andrer Art als Hrn. Brünings Strommesser, (m. s. die angeführte Preisschr. pag. 100 etc.) gleichwol ergeben, auch diese Versuche, welche der vortrefliche Ximenes auf mancherlei Art verändert hat, durchgehends stufenweise abnehmender Geschwindigkeiten. Die parabolische Scale zunehmender Geschwindigkeiten des Gugliemini und anderer, die ihm mit einigen Veränderungen gefolgt sind, ist also hiedurch genugsam widerlegt und nicht viel mehrern Beifall verdient, dünkt mich, die Meinung neuer französischer Schriftsteller, Buat (traité sur les rivières 1780) und Bernard (Nouveaux Principes d'Hydraulique 1787), daß die Ströme von der Oberfläche

gegen

gegen den Grund durchaus mit unveränderter Geschwindigkeit fließen sollten, da die Erfahrung so übereinstimmend eine regelmäßige Abnahme zeigt. *)

Es sei Fig. 12. A H eine gerade Linie, welcher in gleichen Entfernungen die Ordinalen A a, B b, C c, etc; A α , B β , C γ , etc. nach den Verhältnissen der Geschwindigkeiten aus den Beobachtungen von Hrn. Brünings und Ximenes, nach erwähnter II und IV Columne rechtwinklicht angefügt werden, so determiniren die Linien a d g und durch α β γ durch die Endpunkte der Ordinalen gezogen, die Scalen der Geschwindigkeit, und es scheint, daß sie fast mehr für gekrümmte als gerade Linien zu halten sein. G g und H k sind die Geschwindigkeiten nahe am Grunde, und es ist klar, daß wenn dieser Grund weich und flüßig, oder vielmehr ganz nicht vorhanden wäre, sondern die Wassermasse in unbestimmte Tiefe sich erstreckte, alsdann auch der Strom eine größere Tiefe erreichen würde. Es sei A k diese Tiefe, so muß die krumme oder grade Linie A H in k schneiden; und A k und A a müssen Functionen von einander sein. Unter allen Hypothesen, die man nun vorläufig annehmen, und nach den Beobachtungen prüfen könnte, verfällt man aus analogischen Gründen, dünkt mich, am natürlichsten darauf, es könnten die Abscissen K A, K B, K C, etc. wol den Höhen, welche den correspondirenden Geschwindigkeiten A a, B b, C c, etc. zugehören, oder welches einer-

*) Anmerk. Wenn Hr. Prof. Mitterspacher (Physicalische Erdbeschreibung Wien 1789 pag. 76.) meint, daß die Versuche der Herren Lechi, Lorgne und Michellotti beweisen, die Geschwindigkeit des Wassers nehme von seiner Oberfläche an bis zum Boden immer zu; und daß dies schon längstens die Versuche der Bologneser und des Zandrini gegeben hatten; so vermute ich, daß Hr. Mitterpacher die neuesten Versuche und Schriften über diesen Gegenstand von dem Herrn Ximenes (Nouve Speriienze idrauliche etc. Siena 1780.) Bonati und Brünings, vielleicht nicht bekannt geworden sind: Und es wird wol nicht überflüssig sein, hier kürzlich zu bemerken, worin eigentlich der Irrthum jener berühmten Gelehrten bestehen mag. Sie haben alle ihre Beobachtungen mit dem Pendel am Quadranten angestellt (wer dies Werkzeug nicht kennt, auch die Schriften erwähnter Authoren nicht zur Hand hat, sehe Hrn. Hofrath Kästners Hydrodynamik §. 271. ff.). Damit kann aber weder die Geschwindigkeit noch den Druck des Stroms unmittelbar wahrnehmen; sondern alles was beobachtet wird, ist ein Winkel, den der Faden, welcher im Centro des Quadranten befestiget und am andern Ende mit der Kugel beschwert in den Strom hinabhängt, mit der Verticallinie macht. Aus diesem Abweichungswinkel und aus dem bekannten Gewicht der Kugel wird demnachst der Druck und aus dem Druck auf die Geschwindigkeit des Stroms geschlossen. Wenn man annehmen will, daß des Drucks, oder des Stroms Richtung beinahe horizontal geschehe, so sind bei einerlei Pendel unter verschiedenen Abweichungswinkel die Tangenten dieser Winkel dem Druck, und der Druck dem Quadranten der Geschwindigkeit des Stroms sehr nahe proportional. Und diese Schlüsse könnten wohl keinen Zweifel haben, wenn die biegsame Schnur, oder Metalldrat, im Strom sich eben so verhielte, als eine unbiegsame, grade mathe-

einerlei ist, den Quadraten dieser Geschwindigkeiten proportional sein. Unter dieser Voraussetzung sei die Geschwindigkeit an der Oberfläche, $A a, = c$; $K A = x$; $B b, C c, D d$ etc. $= y$; $A B = B C = C D \dots = a$; so hat man folgende Proportion $x : x - a = c^2 : y^2$ oder $x y^2 = c^2 x - c^2 a$ folglich $x = \frac{a c^2}{x y - c^2}$. Wenn nun für y die Wehrte aus der II und IV Spalte, so wie die correspondirenden $a, 2 a, 3 a$ etc. aus I und III nach und nach, wie es die Proportion erfordert, substituirt werden, so findet man mehrere Wehrte von x , die bei eben derselben Scale alle einander gleich sein müßten, wenn die Voraussetzung richtig wäre. In der V und VI Abtheilung sieht man nun diese Wehrte von x , wie sie nach vorstehender Proportion gefunden sind; und wenn ich von Hrn. Br. Versuchen einige wenige, nahe an der Oberfläche, und nahe am Grunde ausnehme, so finde mich fast geneigt, die erwähnte Hypothese für sehr wahrscheinlich anzunehmen, wonach denn die Scale eine auf dem Scheitel stehende halbe Parabel wäre. Die Tiefen verschiedener Ströme, welche keinen widerstehenden Grund haben, verhielten sich diesem gemäß, wie die Quadrate der Geschwindigkeiten an der Oberfläche; und da man sowohl auf der Erdoberfläche als in Meeren und Seen nicht leicht ordentliche Ströme finden wird, die mehr als 10 bis 12 Fufs Geschwindigkeit halten, so kann man die größte Tiefe, zu welcher sich die Ströme unter die Oberfläche erstrecken können, auf ohngefähr 380 Fufs setzen; denn man hat $4,7^2 : 12^2 = 59,6 : 388$.

Wenn

mathematische Linie thun würde, die durch der Kugel und des Quadranten Mittelpunkt ginge. Wer sieht aber nicht, daß jede biegsame Schnur die mit einem Gewichte beschwert in dem Strom hinabhängt unter Wasser eine krumme Linie formiren und über Wasser eine ganz andere Richtung, als den Ort der Kugel, zeigen würde! Wollte man die Kugel sehr schwer nehmen, um den Faden beinahe gerade zu ziehen, so würde dies wenig helfen, weil derselbe Faden wiederum so viel stärker und dicker müßte genommen werden und deshalb hinwiederum von dem Strom so viel mehr Druck leiden würde. — Sehen kann man nun die gebogene Fadenlinie unter Wasser nicht; berechnen auch nicht (denn dies würde voraussetzen, daß man schon konnte, was man sucht, nämlich die Geschwindigkeit in verschiedenen Stromschichten) man muß sich also mit einer bloßen Muthmaassung über den Ort der Kugel und ihren Abweichungswinkel begnügen, oder diesen Winkel auch so, wie ihn der Faden angiebt (das ist jedesmal zu groß) nehmen und dies letztere hat man vermuthlich immer gethan, wenigstens ist mir das Gegentheil nicht bekannt. Nun giebt die Natur der Sache, daß bei einerlei Geschwindigkeit des Stroms und einerlei Gewicht der Kugel, der Faden desto mehr von der graden Linie abweichen müsse, je länger er ist oder je tiefer er in den Strom hinabhängt; und daß, die Geschwindigkeiten in allen horizontalen Schichten des Stroms gleichgesetzt, dennoch das Instrument für die untern Stromschichten größere Abweichungswinkel, folglich größere Geschwindigkeiten angeben werde. Und weil gerade das der damals herrschenden Theorie des um die Hydraulik wirklich sehr verdienten Gugliemini ganz gemäß war, so leidet es wol Entschuldigung, wenn man ohne schärfere Prüfung sich mit dem begnügte, was das Pendel angab und die Theorie bestätigte.

Wenn (Fig. 13.) A B horizontal C B die geneigte Stromfläche ist, das Bette D E F G aber aus Materien von verschiedener Resistenz, z. B. Kiesel, Sand, Thon und Moor besteht, so wird auch bei einerlei Geschwindigkeit an der Oberfläche, der Strom bei E und G am tiefsten sein, wo der Widerstand des Grundes am geringsten ist, auch wird das Wasser nahe am Grunde in krummen Linien und so gut von G nach F bergan, als von F nach E bergab laufen können. Hierüber sind, dünkt mich, manche Irrthümer durch angefehne Schriftsteller in Umlauf gekommen, welche größtentheils darin ihren Grund zu haben scheinen; daß man bei der Theorie strömender Gewässer mehr auf die Neigung des Grundes als auf die Neigung der Oberfläche geachtet hat, obgleich jene gar keine wesentliches Requisite größer Ströme ist. — Ich bemerke noch, daß es ein bloßer Zufall ist, wenn beide Scaln ohngefähr einerlei Tiefe oder Wehrte für x geben, und Hr. Brünings und Hr. Ximenes ihre Beobachtungen auf zwei Strömen angestellt, die ohngefähr einerlei Tiefe und Geschwindigkeiten haben. — Es steht zu wünschen, daß mehrere Versuche dieser Art mögen angestellt werden.

§. 43.

Da die natürlichen Ströme nicht allein von der Oberfläche gegen den Grund, sondern auch von der Mitte, oder dem Faden des Stroms, gegen die Ufer mit abnehmenden Geschwindigkeiten fließen und noch zur Zeit keine Hoffnung vorhanden ist, aus so mancherlei Verschiedenheiten die eigentliche mittlere Geschwindigkeit eines Stroms nach theoretischen Gründen zu finden, so erhellt um so mehr die Nothwendigkeit eines guten Strommesser insonderheit alsdann, wenn man die Ergiebigkeit eines Stroms oder Wasserleitung angeben soll. Man hat des Endes vielfältige Beobachtungen nicht allein auf verschiedenen Tiefen unter der Oberfläche, sondern auch in verschiedenen Entfernungen von den Ufern anzustellen, und aus diesen die mittlere Geschwindigkeit zu nehmen, wie dies letztere geschieht, will ich noch zum Schlusse dieser Abhandlung anführen.

I. Es sei (Fig. 12.) A F eine Perpendiculaire, in welcher an den gleichentfernten Punkten A, B, C etc. die Geschwindigkeiten Aa, Bb, Cc beobachtet worden, und Aa sei die Geschwindigkeit unmittelbar an der Oberfläche, so wie F f unmittelbar am Grunde, so ist wenn man die Punkte a, b, c, etc. durch grade Linien connectirt der Flächenraum A a f F die Scale der gefundenen Geschwindigkeiten, und die mittlere Geschwindigkeit = c ist eine Zahl welche mit A F multiplicirt ein Rectangulum = A a f F giebt, es ist also $c = \frac{A a f F}{A F}$. Das heißt,

man muß den Inhalt der Scale mit der Tiefe des Stroms dividiren und der Quotient ist die mittlere Geschwindigkeit. Weil nun diese Scale aus lauter Trapezien A b, B c, D e besteht,

$$\text{so ist ihr Inhalt} = A B \left(\frac{A a + B b}{2} + \frac{B b + C c}{2} + \frac{C c + D d}{2} + \frac{F f}{2} \right); = A B \left(\frac{A a}{2} \right.$$

$\left(\frac{A a}{2} + B b + C c + \dots + \frac{F f}{2}\right)$. Wenn die Zahl der Beobachtungen $= n$, so ist $A F =$
 $(n - 1) A B$; und $c = \frac{\left(\frac{A a}{2} + B b + C c + \dots + \frac{F f}{2}\right) A B}{(n - 1) A B} = \frac{A a + F f}{2} + B b +$

$C c + \dots + E e) : (n - 1)$; d. h. man muß die halbe Summe der Geschwindigkeiten unmittelbar an der Oberfläche und am Grunde zu den übrigen Geschwindigkeiten thun und die ganze Summe mit der Zahl der Beobachtungen weniger eins dividiren.

II. Wenn aber die Geschwindigkeiten nicht unmittelbar in der Oberfläche und am Grunde beobachtet worden, gleich wie die meisten Instrumente dergleichen nicht verstatten, so sein m, p, r , die gleichweiten Punkte der beobachteten Geschwindigkeiten, $m r, p q, r s$, ff.; und man findet in diesem Falle den Inhalt der Scale $= (m n + p q + r s + \dots + u w) A B$;

und $C = \frac{m n + p q + \dots + u w}{n}$. D. h. die gefundenen Geschwindigkeiten werden summiert und mit der Zahl der Beobachtungen dividirt. Dieser letztern Methode hat sich auch Hr. Br. bedient, und es ist blos ein Versehen des gebrauchten Rechners, daß im 2ten Byvoegzel die mittleren Geschwindigkeiten zu klein angegeben sind. Uebrigens geben beide erwähnte Methoden die mittlere Geschwindigkeit nur alsdann in völliger Schärfe genau, wenn die Scale gradlinigt oder $a f$ aus einer oder mehr geraden Linien besteht; sie geben sie beide etwas zu klein, wenn die Scale gegen $a f$ convex, und etwas zu groß, wenn sie concav gekrümmt ist, allemal aber des zu genauer je größer die Zahl der Beobachtungen ist und je weniger $a f$ von einer graden Linie abweicht.

III. Nach eben den Regeln, wonach die mittlere Geschwindigkeit in jeder Perpendiculaire gefunden wird, wird sie auch aus mehrern Perpendicularen für das ganze Profil gesucht. Es sei Fig. 14. $A B C$ ein Profil des Stroms dessen mittlere Geschwindigkeit gesucht wird; so theile man die Breite der Oberfläche in eine beliebige Zahl gleicher Theile, z. B. in 4, $A D, D E, E F, F C$. In der Mitte jeder dieser Theile stelle man in den Perpendicularen 1, 2, 3, 4, die Beobachtungen an, und suche die mittleren Geschwindigkeiten jeder Perpendiculaire nach vorerwähnten Methoden; ich setze man fände sie der Ordnung nach a, b, c und d , so muß a als die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Stück Profils $A D d$; und b als die mittlere Geschwindigkeit für $D E e d$ angesehen werden; folglich ist $a \times A D d + b \times D E e d + c \times E F f e + d \times F C f$ die Capacität oder Ergiebigkeit des Stroms für 1 Secunde. Setzt man diese $= Q$; so ist $\frac{Q}{A C B}$, oder die Quantität des Wassers dividirt durch das Profil, die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Stroms. — Hätte man bei den Beobachtungen andere Einrichtung und Verfahren getroffen, so müßte man demselben gemäß auch anders rechnen. Meine gegenwärtige Absicht erlaubt es nicht, dieserwegen ausführlicher hydrogogische Betrachtungen hier anzustellen.

N a c h t r a g.

§. 44.

Nachdem das Manuscript vorstehender Abhandlung schon in des Herrn Verlegers Händen war, habe ich noch Zeit und Gelegenheit gefunden, Versuche über den Stofs des Windes und des Wassers anzustellen, wovon hier die erheblichsten Resultate in hamburgischen Maafs und Gewicht tabularisch mitgetheilt werden.

I. Tafel, welche den beobachteten senkrechten Druck des Windes auf eine Fläche von 1 Quadratfufs bei verschiedenen Geschwindigkeiten darstellt.

Zahl der Versuche	Geschwindigkeit des Windes.	Beobachteter Druck auf 1 □ Fufs.	Derselbe Druck auf die Geschwindigkeit = 1 Fufs reducirt.	Zahl der Versuche	Geschwindigkeit des Windes.	Beobachteter Druck auf 1 □ Fufs.	Derselbe Druck auf die Geschwindigkeit = 1 Fufs reducirt.
	Fufs.	Lothe.	Lothe.				
2	9	3,33	0,0411	30	25	21,39	0,0342
2	10	4,00	0,0400	30	26	23,15	0,0342
1	11	4,66	0,0385	25	27	23,93	0,0328
2	12	5,33	0,0370	16	28	27,23	0,0347
6	13	6,39	0,0378	16	29	29,25	0,0348
2	14	9,00	0,0459	9	30	31,41	0,0349
5	15	10,93	0,0486	14	31	32,37	0,0337
9	16	11,56	0,0452	12	32	36,83	0,0360
12	17	13,00	0,0449	12	33	37,38	0,0343
11	18	14,32	0,0442	9	34	38,70	0,0335
23	19	14,78	0,0409	10	35	42,30	0,0343
20	20	16,11	0,0403	5	36	46,94	0,0362
28	21	16,73	0,0379	6	37	51,10	0,0373
22	22	17,41	0,0360				
32	23	18,14	0,0343				
35	24	20,72	0,0360				

Summe 406

Mittel | 0,0379

Die

Die Versuche sind im Julius Monath nahe über der Meersfläche in freier Luft bei verschiedenen Winden angestellt. Und die tägliche Beobachtung zweier gleichen Barometer, wovon das eine 86 Fuß über das andere erhaben war, giebt die mittlere Differenz $= 0,0937$ Zoll. Die Dichtigkeit der Luft zu Quecksilber war also $= 0,0937 : 86.12 = 937 : 10320000 = 1 : 11014$. Ist das Quecksilber 14mal dichter als Wasser; so hat man Dichtigkeit der Luft: Dichtigkeit des Wassers $= 1 : 787$. Ein Cubicfuß wiegt mit Wasser $48\frac{1}{2}$ Pf.; mit Luft also 1,97 Loth. Um nun den senkrechten Stoß eines Fluidiums nach der gewöhnlichen Regel theoretisch zu bestimmen sei dessen Geschwindigkeit $= v$; die Beschleunigung der Schwere in 1 Sec. $= g$; die Stoßfläche $= f^2$; das Gewicht eines Cubicfußes Luft $= p$; so ist $\frac{v^2}{4g} f^2 p =$ dem senkrechten Druck. Im vorliegenden Falle ist $f^2 = 1$; $g = 17,11$; $p = 1,97$ Loth; also der Druck $= \frac{1,97}{68,44}$ Loth $= 0,0288$ Loth; das Mittel aus 406 Beobachtungen giebt 0,0379 Loth; also giebt ihn die Theorie um 0,0091 Loth $= \frac{9,1}{288}$ des Ganzen zu klein; oder wenn der Druck nach der Theorie $= P$; nach der Erfahrung $= Q$ gesetzt wird; so ist beinahe $P + \frac{1}{3} P = \frac{4}{3} P = Q$. Das heist auch, *der senkrechte Stoß des Windes auf eine ebene Fläche verursacht einen Druck, der gleich ist dem Gewicht einer Luftsäule, deren Basis die Stoßfläche und deren Lothrechte Höhe $= \frac{4}{3}$ der Geschwindigkeit zugehörigen Höhe ist.* — Die Stoßflächen deren ich mich bedient, halten 2, 3, 4 und 6 □Fuß. Den Unterschied, den größere oder kleinere Flächen für 1 □Fuß geben, habe nicht erheblich befunden. —

§. 45.

Folgende Versuche über den senkrechten Stoß des Wassers sind im freien Elbestrom, dessen Geschwindigkeit alle 6 Stunden von 1 bis 7 Fufs variirt, angestellt.

II. Tafel, welche den beobachteten Druck strömenden Wassers gegen eine senkrecht widerstehende Fläche darstellt.

Zahl der Versuche	Geschwindigkeit	Observirter Druck auf 1 □ Fufs.	Derselbe Druck für die Geschwindigkeit = 1 Fufs.	Zahl der Versuche	Geschwindigkeit	Observirter Druck auf 1 □ Fufs.	Ders. Druck für die Geschwindigkeit = 1 Fufs.
	Fufs.	℔	℔				
2	1,75	3,8	1 248	3	4,50	16,8	0,829
1	2,00	4,0	1,000	6	4,75	19,1	0,847
8	2,25	5,1	1,007	5	5,00	23,4	0,936
4	2,50	6,0	0,960	3	5,25	23,2	0,838
5	2,75	6,6	0,874	3	5,50	25,2	0,833
0	3,00	Caret	0	2	5,75	29,3	0,886
4	3,25	10,2	0,966	10	6,00	30,4	0,844
2	3,50	10,2	0,833	8	6,25	31,4	0,804
2	3,75	12,3	0,875	8	6,50	33,5	0,793
4	4,00	13,2	0,825	10	6,75	37,0	0,812
7	4,25	15,1	0,836	4	7,00	38,2	0,780
Summe 101				Mittel 0,887			

Der Elbestrom besteht hier zum größten Theil aus Seewasser und 1 Cubicfufs wiegt nahe genug 49 ℔; also die Geschwindigkeit = 1 gesetzt giebt die Theorie (§. 44.) den Druck auf 1 □ Fufs = $\frac{49}{68,44}$ ℔ = 0,716 ℔; die Beobachtungen geben 0,887; giebt also die Theorie

zu wenig 0,171 ℔ = beinahe $\frac{1}{4}$ des Ganzen: D. h. die Wasserfüule, welche so schwer, als der Stoß, drücken soll, muß die Grundfläche der Stoßfläche, und $\frac{1}{4}$ der Geschwindigkeit zugehörigen Höhe haben: — Die gebrauchten Stoßflächen halten 1 und 2 □ Fufs.

Die Geschwindigkeiten des Windes und Stroms sind mit dem Wind- und Strommesser und zwar jedesmal gleichzeitig mit der Beobachtung des Stosses genommen, auch wegen unablässiger Aenderung des Windes und Stromes fast bei jedem Versuche etwas veränderlich befunden worden. Der beobachtete Druck aber war weniger veränderlich und für eine Verschiedenheit des Windes weniger als von $\frac{1}{2}$ Fufs und des Wassers von weniger als $\frac{1}{8}$ Fufs war kein erheblicher Unterschied des Drucks zu merken. Aus dieser Ursache hat man es gut gehalten, jene Geschwindigkeiten von Fufs zu Fufs, und diese von $\frac{1}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ Fufs nieder zu schreiben, und jede Beobachtung dahin zu zählen, wo sie am nächsten correspondirte, um auf die Weise aus mehrern Versuchen ein Mittel zu erhalten, welches in Beobachtungen dieser Art ohne Zweifel sehr nöthig ist.

Am meisten ist man in der Hydraulik ungewis über die Größe des Drucks, welcher durch den schiefen Stoss strömender Massen entsteht; obgleich dieser Stoss bei allen Maschinen, Schiffen, Deichen etc. am meisten in Betrachtung kömmt. Ich habe versucht auch hierüber durch Erfahrung etwas bestimmtes, wenn es möglich wäre, auszumachen; und folgende 3te, 4te, und 5te Tafel enthalten das Resultat der Bemühung so weit sie bis izt gediehen ist. Vorläufig ist der Erläuterung wegen noch einiges zu erinnern. Der aus dem schiefen Stoss entstehende Druck wird in dreifacher Rücksicht gewöhnlich betrachtet, die man wol zu unterscheiden hat und folgendes Beispiel allenfalls erläutern kann. Wenn das Steuerruder eines Schiffs schief in den Strom oder Fahrt gehalten wird, so wirkt der Strom so darauf, dass sich das Ruder um seine Angel oder Hacken drehen will: dies geschieht durch einen Druck 1stens *senkrecht* auf das Ruder; derjenige, welcher die Ruderstange führt, hält diesen Druck das Gleichgewicht, und dann erfolgt eine zusammengesetzte Bewegung des Schiffs, es dreht sich, und wird aufgehalten; oder das Ruder wird 2stens *seitwärts* und 3stens *rückwärts* gedruckt. In Hinsicht auf des Stroms Richtung mag der 1ste *eigentlich schiefer Druck*; der 2te *Seitendruck*; der 3te *Paralleler Druck* heißen. Es sei der schiefe Druck $= p$; der Einfallswinkel $= \alpha$; der Radius 1; so ist der Seitendruck $p \cos \alpha$; und der parallele Druck $= p \sin \alpha$. Die Hauptsache besteht nun darin, zu wissen, wie p von dem Einfallswinkel abhange, ob es $\sin \alpha$, oder $\sin \alpha^{\frac{1}{2}}$ oder $\sin \alpha^2$ oder irgend einem andern Potenz des Sinus proportional sei. Es könnte um dieses durch Erfahrung auszumachen, allenfalls genügen, nur einen von den dreifachen schiefen Druck durch Versuche zu bestimmen; ich habe sie aber mit einer einzeln Maschine, die gleichwol sehr simpel ist, alle drei beobachtet.

III. Tafel, welche den beobachteten schiefen Druck des Wassers auf 1 □Fufs und die Geschwindigkeit = 1 Fufs reducirt, darstellt.

Zahl der Ver- fuche.	Einfallswin- kel = α	Schiefer Druck auf 1 □Fufs = p	Exponent des Sinus = x	Derselbe Druck nach der Theo- rie oder Wehrte von P. Sin α
	Grade.	℔		℔
6	90	0,8371		0,8371
6	80	0,8171	1,580	0,8244
6	70	0,7955	0,820	0,7866
6	60	0,7449	0,811	0,7249
6	50	0,6733	0,817	0,6412
6	40	0,5751	0,849	0,5274
6	30	0,4717	0,827	0,4185
6	20	0,3376	0,846	0,2863
6	10	0,1057	1,182	0,1453

Mittel 0,966

Den Exponenten habe ich so berechnet $\text{Sin. tot. } x : \text{Sin } \alpha^x = 8371 : p$; also $x (\log. \text{Sin. tot.} - \log \text{Sin } \alpha) = \log 8371 - \log p$; oder $x = \frac{\log. 8371 - \log. p.}{\log \text{Sintot.} - \log \text{Sin } \alpha.}$ (wo dann für p und α nach und nach die verschiedenen correspondirenden Wehrte gesetzt werden). Es erhellt dafs $x = 0,966$, für 1 könne genommen werden. Setzt man also den senkrechten Druck = P so ist der schiefe = p = P Sin α^x . Der Laterale = P Sin α . Cos. α ; der parallele = P Sin α^2 . Damit man sehe, wie viel diese Bestimmungen, welche ich die *Theorie* nenne, von den *beobachteten* Wehrte abweichen, sind sie neben einander gesetzt worden.

IV. Tafel, welche den beobachteten lateralen Druck auf 1 □ Fus und die Geschwindigkeit = 1 Fus reducirt darstellt.

Zahl der Beobachtung.	Einfalls Winkel	Observirter Seitendruck.	Derfelbe Druck nach der Theorie oder Werthe von $P. \sin \alpha. \cos x.$
	Grade.	Hb	
6	80	0, 163	0, 1431
6	70	0, 291	0, 2090
6	60	0, 403	0, 3025
6	50	0, 479	0, 4122
6	40	0, 4, 6	0, 4122
6	30	0, 461	0, 3625
6	20	0, 372	0, 2690
6	10	0, 103	0, 1431

V. Tafel, welche den aus den schiefen Stoß des Wassers und des Windes entstehenden parallelen Druck auf 1 □ Fus und die Geschwindigkeit = 1 reducirt darstellt.

W a s s e r.				W i n d.			
Zahl der Beobachtung.	Einfalls- Winkel.	Observirter Druck.	Theorie oder Wehrte von $P. \sin \alpha^2.$	Zahl der Beobachtung.	Einfalls- Winkel.	Observirter Druck.	Theorie oder $P. \sin \alpha^2.$
	Grade.	Hb	Hb			Lothe.	Lothe.
4	90	0, 837	0, 8371	41	90	0, 03701	0, 03701
4	80	0, 816	0, 8118				
4	70	0, 778	0, 7392	41	70	0, 03244	0, 03268
4	60	0, 683	0, 6278				
4	50	0, 536	0, 4912	41	50	0, 02246	0, 02172
4	40	0, 378	0, 3459				
4	30	0, 226	0, 2093	41	30	0, 00940	0, 00925
4	20	0, 130	0, 0979				

Sämmtliche Beobachtungen des schiefen Wasserstoffes sind in einem Schleusen - Gerinne, bei fast unveränderlicher Geschwindigkeit des Stroms = 9, 66 Fus in 1 Sec., angestellt. Die Stoßfläche hält 112 Quadr. Zoll. Der Querschnitt des Stroms, wenn er frei war, hielt 564 Quadr. Zoll, wenn die Fläche senkrecht darin stand (welchenfalls sich des Stroms Oberfläche etwas erhob.) 680 Quadr. Zoll,

Mit der hieraufgestellten Theorie, die von einigen Gelehrten, worunter vorzüglich 's Gravesand gehört, angenommen wird, scheinen die Versuche ziemlich gut zu harmoniren. Sonst lehren die größten Mathematiker, Euler, D'Alembert, Kästner etc, den schiefen Stofs folgendergestalt zu berechnen. Wenn eine Fläche unter einem veränderlichen Winkel $= \alpha$ in den Strom gehalten wird; so ist 1, die Quantität des darauf stossenden Wasser den $\sin \alpha$ proportional; 2, jedes einzelne Theilchen stöszt mit einer Kraft die gleichfalls dem $\sin \alpha$ proportional sein mus. Ist also der senkrechte Druck $= P$, so ist der schiefe $P \sin \alpha^2$; der Laterale $P \sin \alpha^2 \cos \alpha$; der parallele $P \sin \alpha^3$. Diese letztere Theorie kan durchaus mit der Erfahrung nicht bestehen; sie giebt den Druck um vieles zu klein. Meiner geringen Meinung nach dürfte der Irthum in der 2ten Supposition, das die Wirkung des schiefen Stosses dem Sinus proportional sei, liegen. Dis könnte vielleicht wahr sein in dem Fall, wo ein einzler sehr dünner Strahl auf eine ebene Fläche schief stöszt und unter dem Einfallswinkel zurückgeworfen wird; aber es kömt mir nicht wahrscheinlich vor in dem Falle, wo die Stossfläche in den Strom einer sie ganz umgebenden flüssigen schweren Masse gehalten wird, die nicht verstattet, das der anstossende Stral ausweicht. Hier ist es, dünkt mich, ganz gleichgültig, ob die Stossfläche schief oder gerade gehalten wird, woferne nur der senkrechte Querschnitt des anstossenden Strahls derselbe bleibt, so würde auch die Kraft, welche nötig ist, ihn aus dem Wege zu räumen, wol dieselbe bleiben; das Werkzeug mag eine kürzere und gerade, oder längere und schief widerstehende Fläche sein. Stöszt auf dieser letztern jedes einzle Theilchen gegen jedes einzle Element der Fläche mit weniger Nachdruck, der sich zum senkrechten wie $\sin \alpha$ rad. verhält; so sind auch der Flächen-Elemente, die gestoszen werden, in der umgekehrten Verhältniß rad. $\sin \alpha$, mehr. — Wohl zu verstehen, dasz hier von dem eigentlich schiefen und nicht von dem parallelen Druck die Rede ist. Denn von zwei sonst gleichen Schiffen, wird dasjenige, was mit einem Bug (proué) versehen, ohne Zweifel weniger Widerstand leiden, als das andere, welches vorn ganz platt wäre. Bei einer Proue kömt blos der *parallele* Widerstand, welcher dem $\sin^2$ proportional ist, in Betracht. — Die neuesten in Toscana angestellten Versuche von Herrn Ximenes geben, den schiefen Druck gleichfalls den simplen Sinus sehr nahe proportional. Sie sind in grosser Zahl angestellt; aber es ist sehr Schade darum, dasz man aus ihnen kein Mittel nehmen kann. Statt in jeder Perpendiculaire immer einerlei Winkel

zu nehmen, und die Gewichte danach zu reguliren, bat Ximenes umgekehrt fast so mancherlei Winkel als Versuche. Sein Werkzeug nennt er eine Hydraulische Fahne (*ventola hydraulica*) und es ist in seinem Buche, *Nuovi Sperienze*, wie auch in des Herrn Prof. Frisi *Mechanica universalis* (Mediolani 1783) p. 11. lib. I. cap. I, und in des Herrn Brünings mehrerwähnte Abhandlung beschrieben. Frisi scheint den Versuchen des Ximenes nicht viel zu trauen, weil sie eine abnehmende Scale der Geschwindigkeiten in den Strömen geben, die, wie er meint, nicht statt finden könne, und durch so vielen andern Beobachtungen mit dem Quadranten, der Hydrometrifchen Flasche, der Pilotischen Röhre, widerlegt werde. Mich dünkt, Frisi rechne hier mehr auf die Quantität als Qualität der Beobachtungen. —

Um meinen Versuchen völligen Credit zu verschaffen, wäre nöthig, die Werkzeuge, Einrichtung, Correctionen und Reductionen, derselben umständlich vorzustellen, damit man sehen könnte, ob alles gehörig sei erwogen und berechnet worden. Dis könnte auch wol in der Folge noch geschehen; gegenwärtig, wo ich nicht eigentlich eine Hydrodynamik, sondern nur eine nützliche Anwendung des Wind- und Strommessers habe geben wollen; würde mich das zu weit führen. — Was aber izt zu verschweigen die Dankbarkeit mir nicht erlaubt, ist die besondere Grace meiner Herren Obern, der Hochlöblich Ritzebüttelschen Stackdeputation, welche mir Zeit und Werkzeugen zu diesen Beobachtungen (die ich noch ferner prüfen und fortsetzen werde) auf eine äußerst ermunternde Art geneigtst bewilliget haben.

§. 47.

Weitere Ausführung des 39 §. den Fahrtmesser betreffend.

Ich würde ohngefähr folgende Einrichtung proponiren. Auf den Bord- und Oberverdeck gegen die Mitte des Schiffes, würde zu jeder Seite einen eisernen Zapfen nebst einen kleinen aufrechtstehenden mit einer Klaue oder Gabel versehenen Pfeiler befestigen. Eine eiserne Stange, am einen Ende mit dem Fahrtmeßer versehen, würde ohngefähr in der Mitte mit einem Ring oder Loch auf dem Zapfen im Bord des Schiffes, und mit dem andern Ende in die Klaue des auf dem Verdeck stehenden Pfeilers gelegt, so, daß sie von dem Schiffe abwärts schräg hinunter ins Meer reichte. Das Instrument würde ich mit einer Fahne so einrichten, daß es sich von selbst in die Fahrt stellte, oder falls ich dabei Schwierigkeiten anträfe,

würde ich ihm zwei beflügelte Achsen'geben, die beide mit einem Faden zugleich angezogen und nachgelassen würden, und wovon die eine mit dem Schiffe jedesmal parallel die andere aber darauf senkrecht stände. Jene würde die Fahrt nach dem *scheinbaren* Cours, diese die *Abtreibung*, die Diagonallinien alsdann den *rechten* Cours und die *wahre* Fahrt angeben. Uebrigens halte noch dafür, daß es am besten sei, die beiden Flügel, (zwei können nämlich an jeder Achse genügen) an jedem Fahrtmesser genau auf 45 Grad zu setzen; die Ruthen aber so einzurichten, daß man sie mittelst einer Schraube etwas verlängern, oder verkürzen, und auf die Weise das Instrument so ajustiren können, daß jeder Umlauf genau 6 Seefuß gebe.

Für denjenigen Seemann, der Lust und Gelegenheit haben möchte, einen Versuch dieser Art zu machen, will ich noch folgendes zur etwanigen Aufmunterung, wenn es sein könnte, anführen.

Von den Methoden den Weg zur See zu finden, scheint diejenige, welche sich auf den Gebrauch eines guten Compafs und Log gründet im allgemeinen die anwendbarste und nützlichste zu sein. Diejenige, welche auf bloße astronomische Beobachtungen der Sonne, Mond und Planeten sich gründet, erfordert Kenntnisse und Fähigkeiten, die sich von dem größten Theil der Seefahrer nicht erwarten lassen, auch vergehen oft einige Tage hinter einander, wo wegen Nebel und Dünste diese Methode nicht practicabel ist. Von der dritten Methode, die auf einen untrüglichen Zeitmesser sich hauptsächlich gründet, merkt Ximenes (l. c.) mit Recht, dünkt mich, an, daß wenn es auch von Zeit zu Zeit einigen seltenen Künstlern gelingen möchte, vollkommene Uhren zu verfertigen, selbige dennoch wegen geringer Zahl und Kostbarkeit schwerlich je in allgemeinen Gebrauch für die Schifffahrt kommen könnte. Die erstere Methode hingegen setzt nur Leute von sehr mittelmäßigen Fähigkeiten voraus, und hängt nicht von Tag und Nacht, von Nebel oder Unwetter ab, sondern ist zu allen Zeiten brauchbar. Zwar für sehr entfernte Seereisen in andere Welttheile, ist sie allein vielleicht nicht zureichend (und in so ferne ist es nicht zu tadeln, daß man jene Methoden durch ansehnliche Prämien vorzüglich begünstiget und befördert hat) aber für die Europäische Schifffarth, im Baltischen Meere, im Nord-See, im Ocean längst den Portugisischen und Spanischen Küsten, und im Mittelländischen Meere sind gute Seekarten, ein guter Fahrtmesser und Compafs, unverwerfliche Wegwei-

weiser; auch glaube ich daß unter 20 Commerzschiffen in diesen Gewässern kaum eins sei das aus dem Laufe der Jupiters Trabanten, oder aus Sonn- und Mondesdistanzen sich Rathes erholet oder erholen könnte; alle aber wissen Compas und Log, oder statt des letztern jeden andern eben so simplen Fahrtmesser zu gebrauchen, und allenfalls die Sonnenhöhen zu beobachten und danach die Breite, welche bei der Europäischen Schiffart mehr als die Länge in Betracht kömmt, zu corrigiren. Wenn nun die Trüglichkeit des gewöhnlichen Logs in der That allgemein bekant ist, und einige Schiffer so gar es eben so sicher halten, ihre Estime nach einer ohngefähren Schätzung der Windstärke, oder nach dem Schaume auf dem Wasser zu machen; so dünkt mich, daß derjenige, welcher dem Seefahrer einem zuverlässigen Fahrtmesser in die Hand gäbe und gebrauchen lehrte, sich nicht weniger um die Seefahrt verdient machte als ein Hadley, Mayer und Harrisson, die sich unsterblichen Ruhm und die Dankbarkeit aller Seefahrenden durch ihre glückliche Bemühungen erworben haben. Es fehlt auch nicht an angesehenen Männer die sich bestrebt haben bessere Fahrtmesser anzugeben, Hr. Bouguer, Hr. Vallois, Hr. Ximenes haben Vorschläge gethan, die aber keinen Beifall finden können, weil die Werkzeuge, auf welche das Wasser einen erheblichen Druck ausüben sollte, eben deswegen unbequem und ein Spiel der Wellen sein mußten.

Bevor ich diese Materie verlasse, muß ich noch einen Einwurf berühren. *Alle Fahrtmesser, wie sie auch immer beschaffen sein mögen, wenn sie in stehendem Wasser die Fahrt des Schiffs richtig angeben, können dasselbe nicht thun in Strömen. Wo also die Meere Ströme haben, da ist jeder Fahrtmesser wesentlich unvollkommen.* Ich antworte hierauf, daß uns diese Unvollkommenheit in der Natur der Sache im mindesten nicht abhalten könne, das Instrument an sich vollkommen zu machen und vollkommen gut zugebrauchen. Man erwäge nur, daß es mit den Meersströmen nicht eine solche Bewandnis habe, wie mit dem Winde, der heute so, Morgen anders wehet, oder wie mit Landströmen, die bald geschwinder, bald langsamer fließen, nachdem sie mehr oder minder von Regen angeschwellt sind. Die Meersströme sind größten Theils eine Folge der Ebbe und Fluth und haben alle ihre unveränderliche Gesetze und periodische Wiederkunft. Es genügt, sie mit einem guten Strommesser einmal zu beobachten, so kennt man sie für ewig. Schon sieht man einige neue Englische Seekarten, auf welchen die Richtung und Geschwindigkeit der Ströme und die Zeit der Ebbe und Fluth genau

verzeichnet stehen. Aus dieser Ursache mus man also den Fahrtnmesser eben so wenig vernachlässigen, als man den Compass deswegen verachten darf, dafs er nicht an allen Orten und zu allen Zeiten einerlei Abweichung hat: genug, wenn man für jeden Ort das Gesez der Variation kent. Ich würde übrigens jedem Steuerman rathen, auch einen Windmesser an Bord zu haben, und die Geschwindigkeit des Windes (nicht die absolute, denn die kan auf einem fortgehenden Schiffe nicht gemessen werden, sondern diejenige womit der Wind in die Segel stößt) fleißig zu beobachten, und selbige mit der Fahrt zu vergleichen. Das dürfte ihn bald in den Stand setzen, auch in unbekannten Gewässern so gleich über das Dasein eines Stroms und dessen Estime richtig zu urtheilen.

E N D E.



Die erheblichsten Druckfehler.

Seite 7 Zeile 13 find die Worte: *wie Wind oder Wasser, welche in der Richtung &c.* einmal wegzustreichen, weil sie zweimal unmittelbar nach einander gedruckt worden.

9 6 von unten, statt trennen, lese man *treffen*.

10 4 von unten, — *Cos*, — *Cos*

— 5 von unten, statt 90 — *a* lese man 90 — *a*

Die lateinischen Buchstaben bezeichnen Linien, die griechischen Winkel.

Es ist aber auf dieser Seite und in der Folge für π immer y gedruckt worden. Der Zusammenhang wird jedesmal ergeben, ob y eine Linie oder Winkel bedeutet.

12 13 statt $\frac{360 : n}{57,29 \dots t}$ lese man $\frac{360. n}{57,29 \dots t}$

15 3. 4. 5. statt $\frac{v}{a}$ lese man $\frac{u}{a}$

— 16. 17. u. f. statt *Cos* α^2 lese man *Cos* α^2

16 3 von unten, statt: der Sache der Natur, lies: der Sache Natur.

17 1 von unten, statt: $\frac{1}{2}(Z^2 - b^2) - \frac{2}{3} \frac{Z - b^3}{Z}$ lese man:

$$\frac{1}{2}(Z^2 - b^2) - \frac{2}{3} \left(\frac{Z^3 - b^3}{Z} \right)$$

18 3 statt $\frac{a^4 - b^4}{Z}$ lies $\frac{a^4 - b^4}{Z^2}$

— 2 statt $\frac{a^3 + b^3}{Z}$ lese man $\frac{\frac{2}{3} a^3 + b^3}{Z^2}$

— 7 von unten, statt $\frac{a + b}{Z}$ lese man $\frac{a + b}{2}$

19 5 statt $\frac{1}{5}(a \frac{1}{5} b)$ lese man $\frac{1}{15}(a + b)$

Uebrigens steht auf dieser, wie auf den vorhergehenden und nachfolgenden Seiten, bald Z , bald z , welches aber, wie der Zusammenhang leicht ergiebt, immer dieselbe Grösse bedeutet.

22 4 von unten, statt $\text{Cos} \alpha = \frac{1}{2}$ lese man $\text{Cos} \alpha = \sqrt{\frac{1}{2}}$

28 15 statt *Sin* in *Cos* lese man *Sin* und *Cos*

33 In der vorletzten Spalte der Tafel muss *Tage* statt *Fuss* gelesen werden, und in der letzten Spalte muss unter *Geschwindigkeit* *Fuß* stehen.

37 19 statt *horizontal* lese man *vertical*.

Seite 38 Zeile 20 nach dem Wort *Entfernung* ist einzuschalten: des Mittelpunkts des einen Flügel.

44 11 statt *auch* 12 lese man auf 12

— 10 von unten, statt *Awende* lese man erwähnten

46 12 statt *ak* lese man AK

— 3 von unten, statt *Quadranten* lese man Quadraten

47 4 statt ac^2 lese man ac^2

c^2y — $y^2 - c^2$

51 2 von unten, statt: der Unterschied, muss heißen *den*

54 3 von unten, statt: $p = P \sin^2$ lese man $p = P \sin \alpha$

Diese und andere weniger erhebliche Druckfehler wolle der Leser wegen meiner Entfernung vom Druckorte gütigst entschuldigen.

Nachricht.

Wenn das Anemometer weit verschickt, und des Endes eingepackt werden muss, so können Axe und Ruthen nicht aus einem Stücke bestehen, sondern müssen vermittelst Schrauben zusammen gefügt, und von einander genommen werden können.

Wer dergleichen Wind- oder Strommesser in Hamburg will verfertigen lassen, kann sich an den Mechanicus *Bosse* in der Spitalerstrasse, in Menzen Hof, Litt. I. wenden, welcher in Verfertigung dieser Instrumente bereits geübt ist.



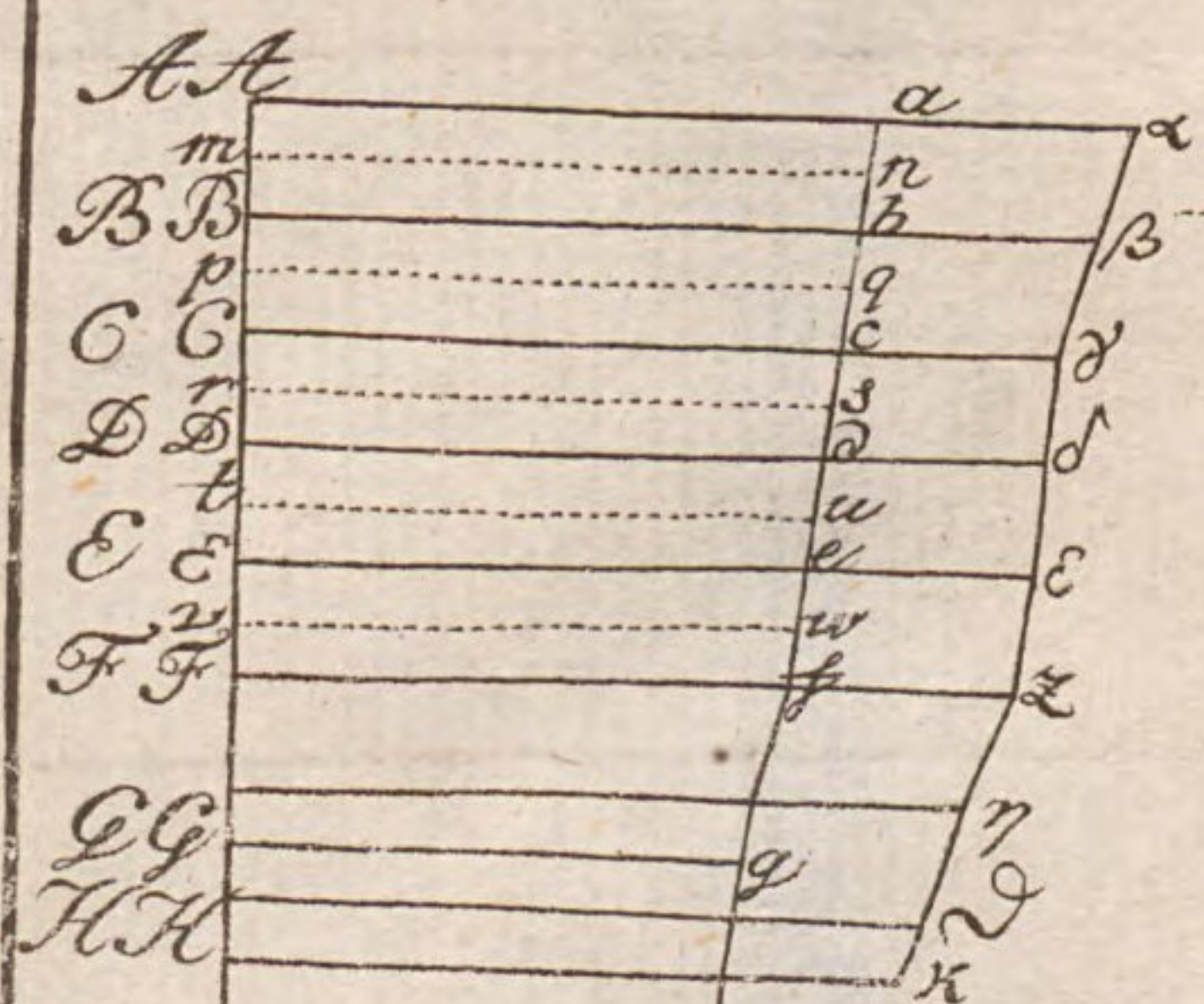


Fig. 12.

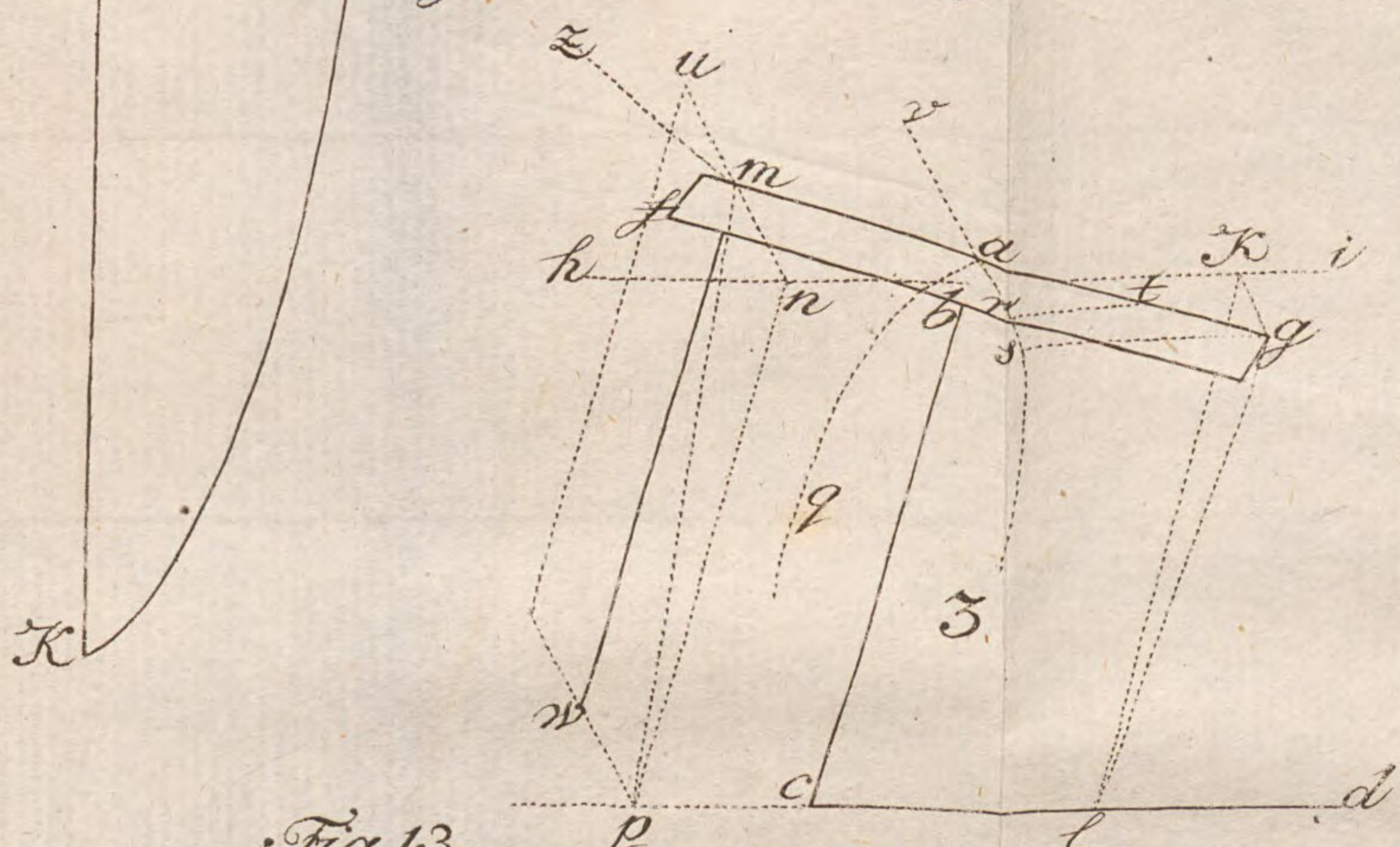
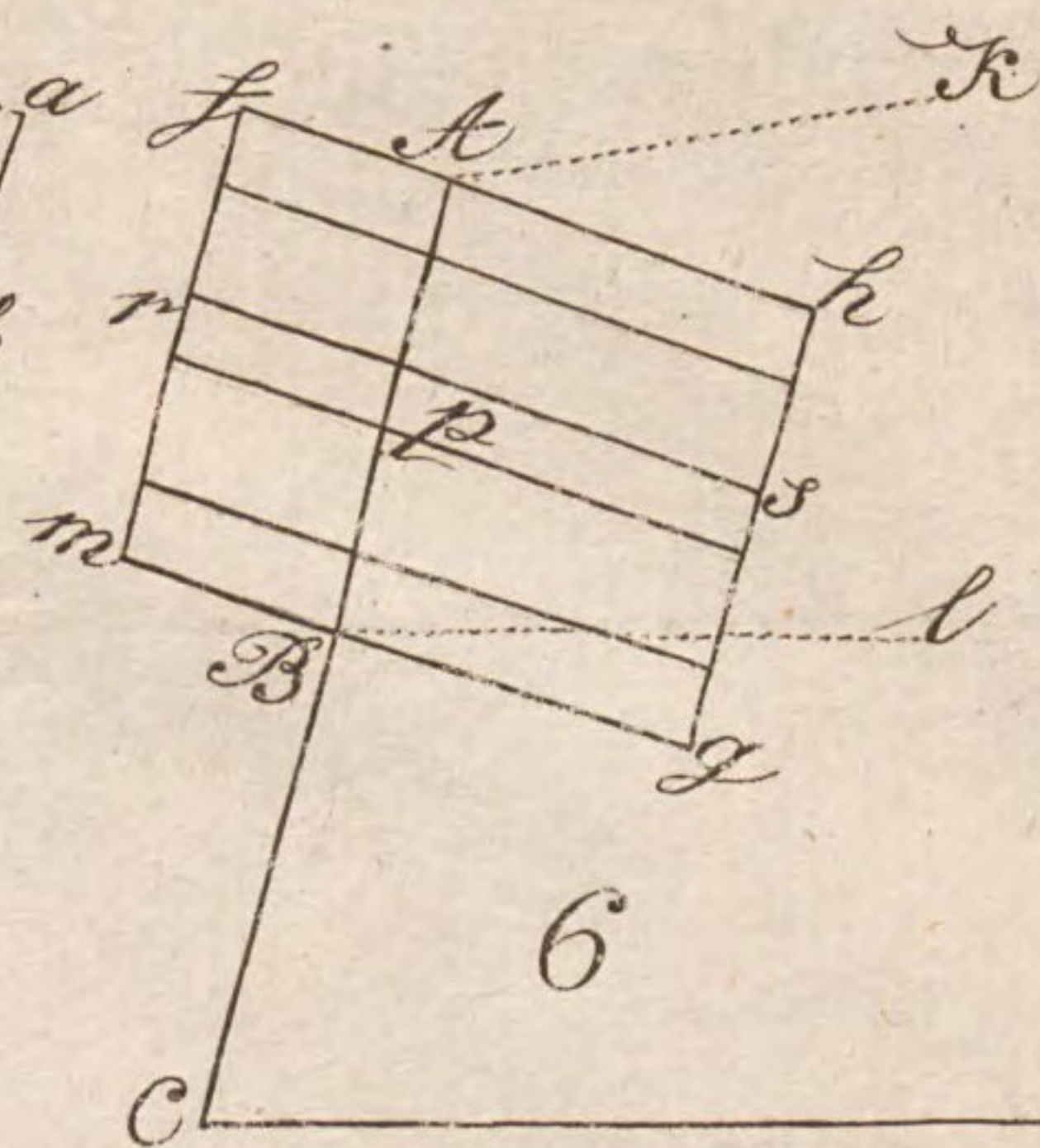
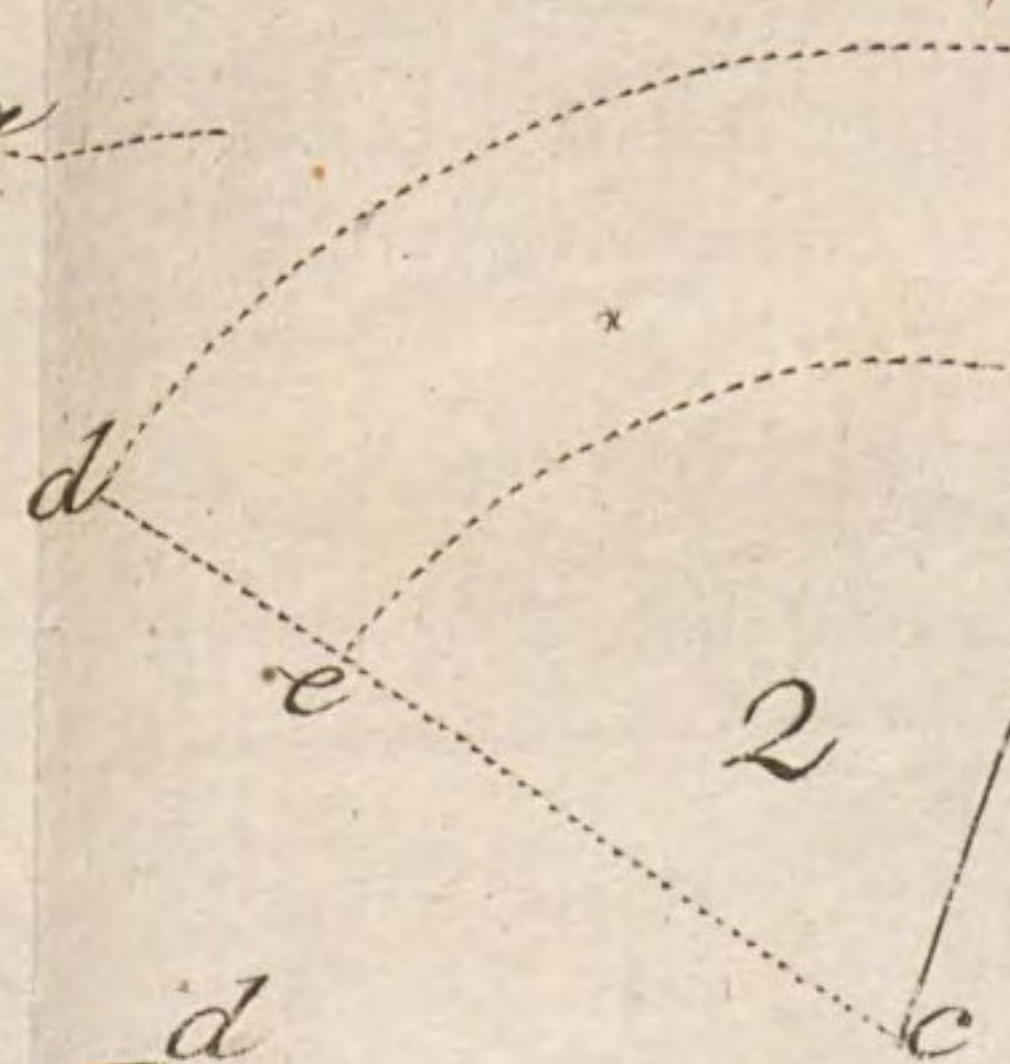
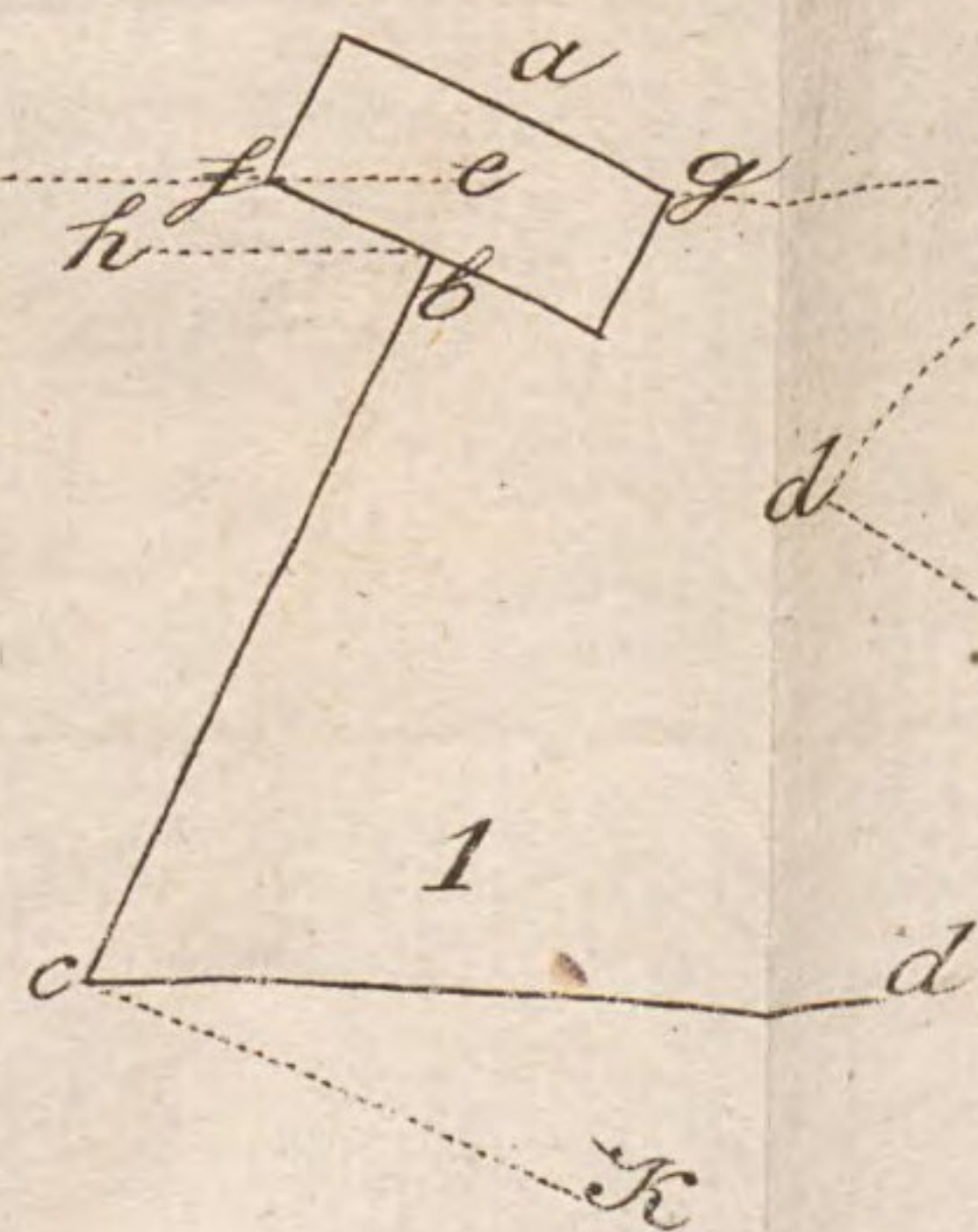


Fig. 13.

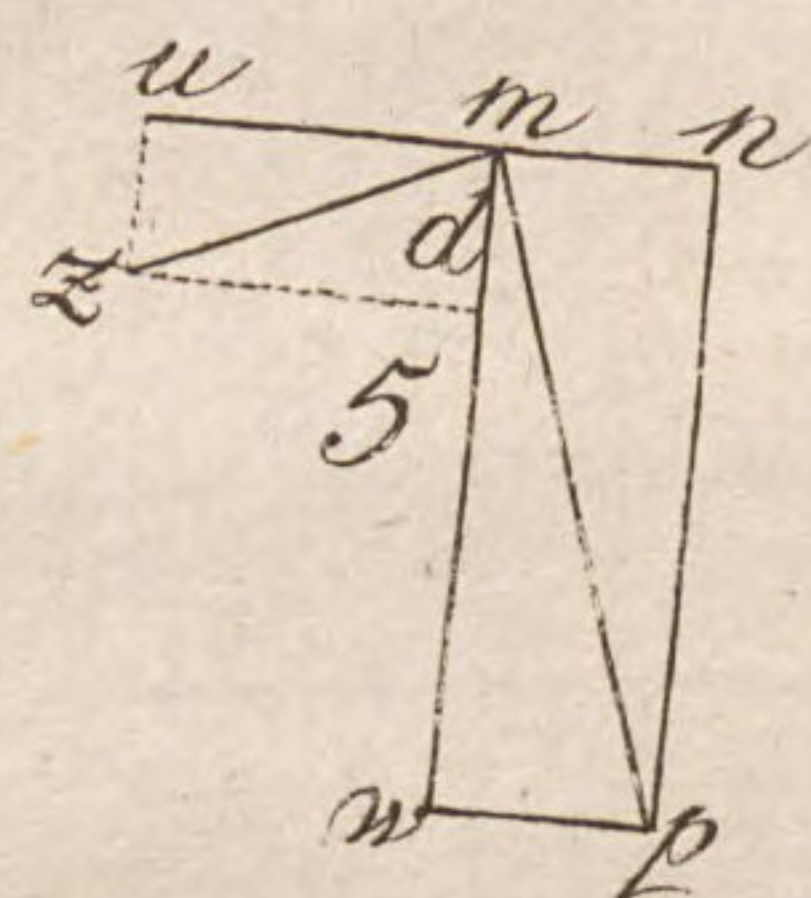
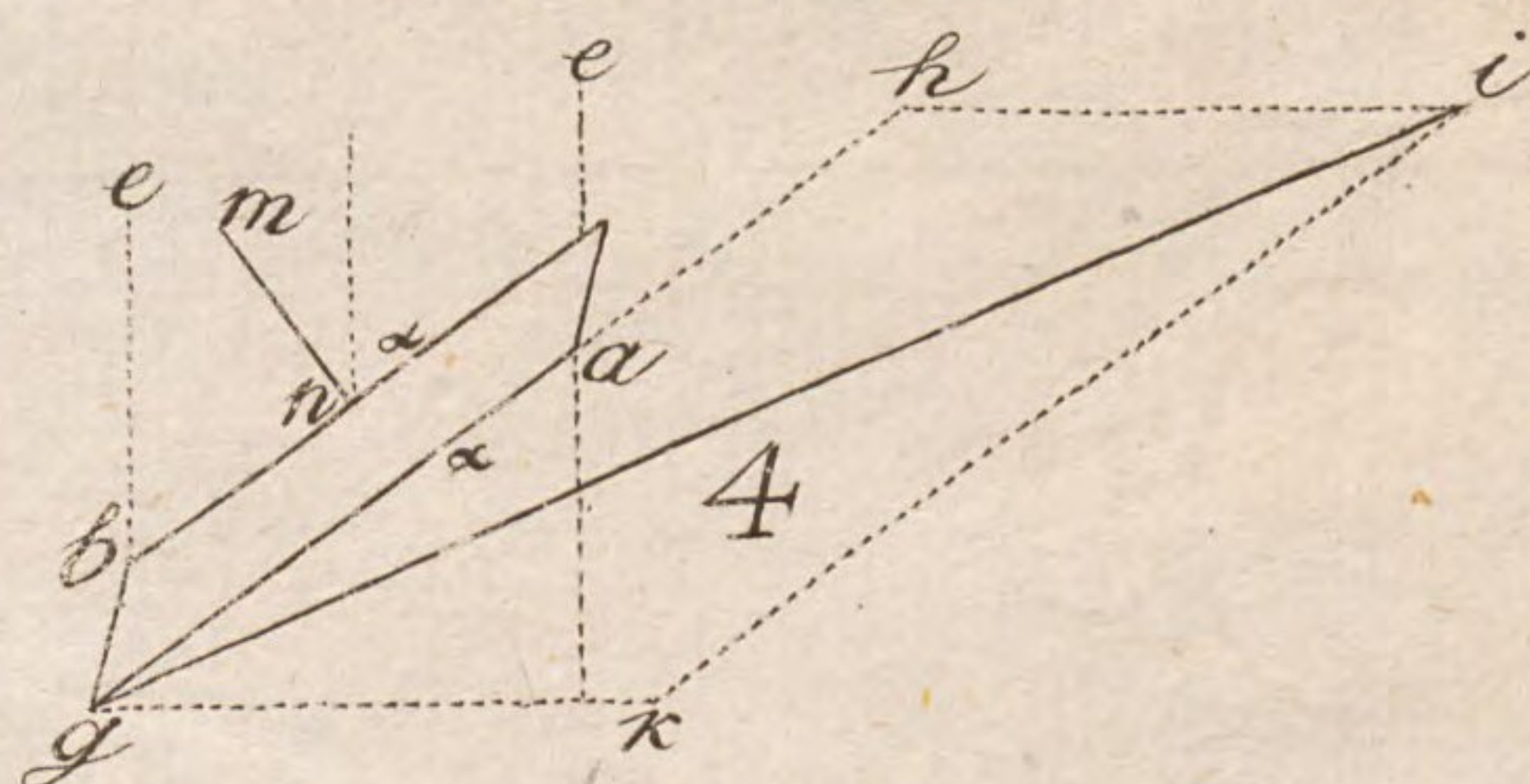
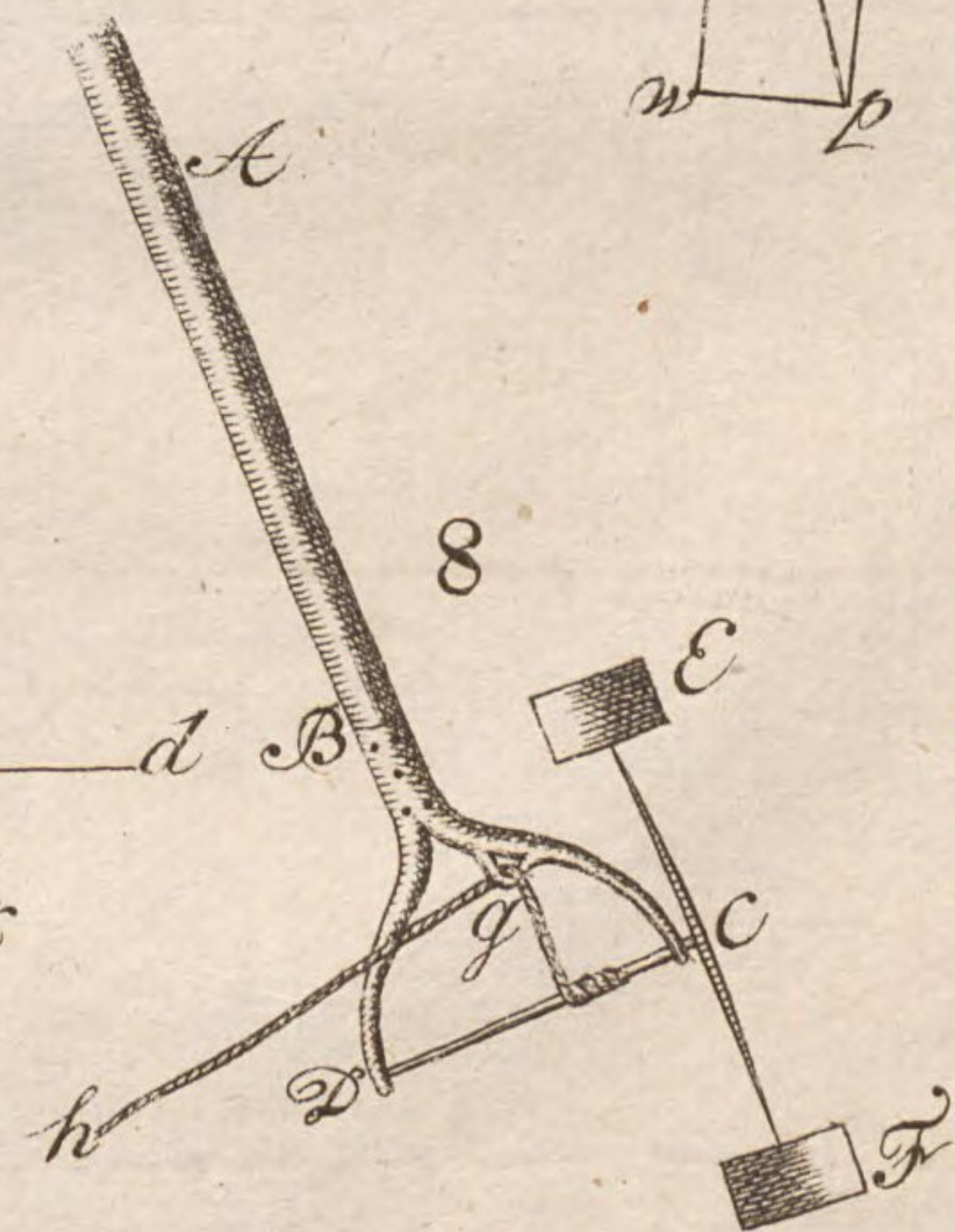
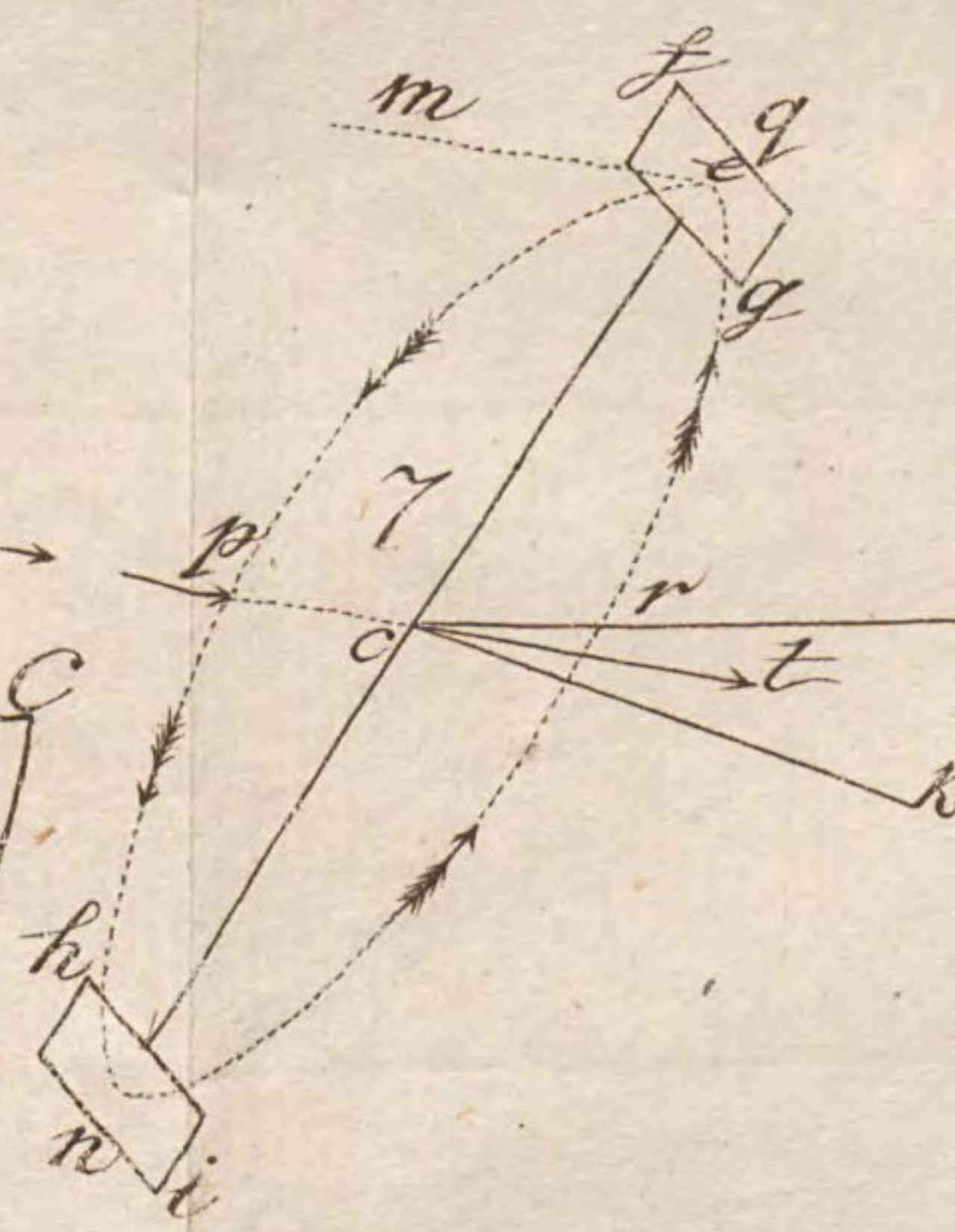
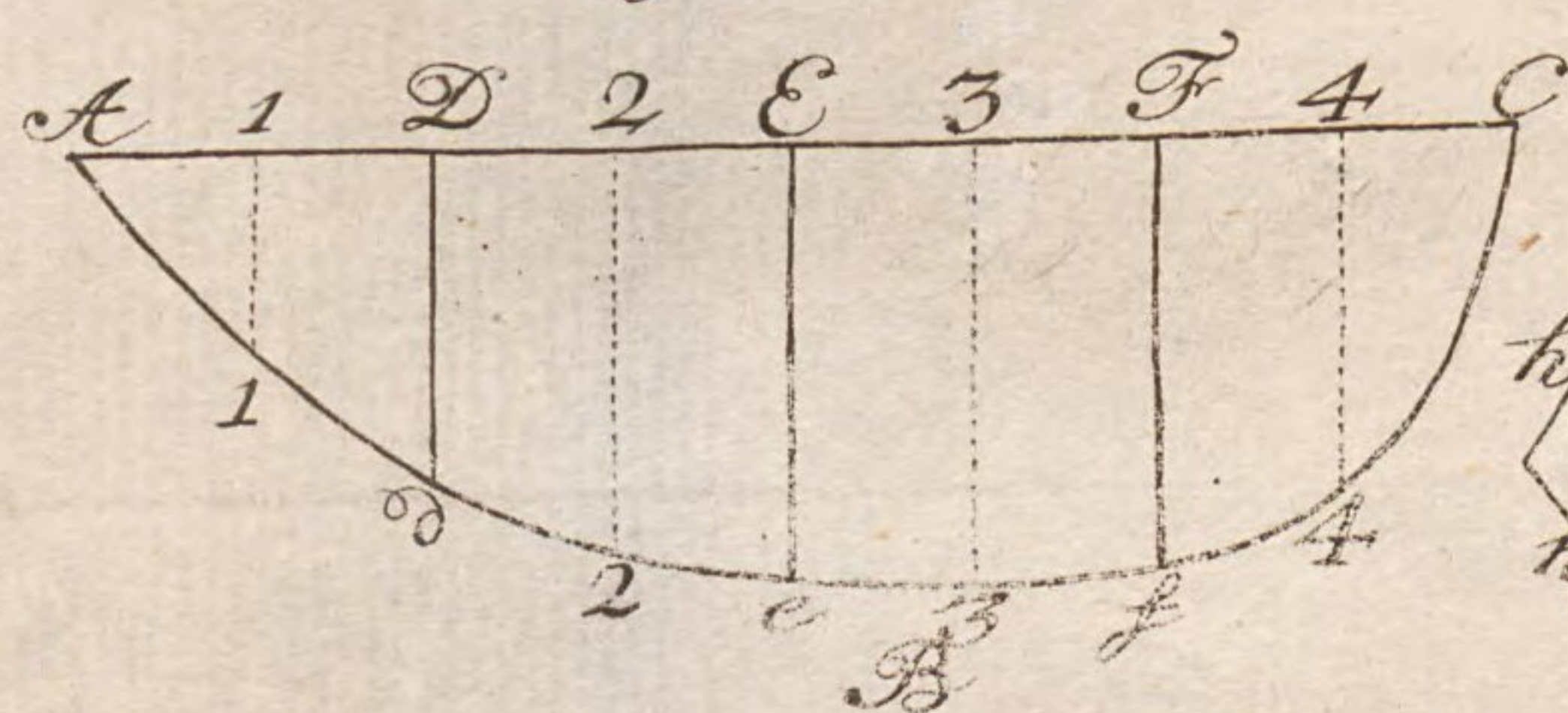


Fig. 14.



X

VI. 96

Woltman, Reinhard,

Theorie und Gebrauch des Hydrometrischen Flügels oder eine zuverlässige
Methode die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu
beobachten

Hamburg 1790

4 Math.a. 328 f

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10053182-6

VD18 10645985